ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 OCTOBRE 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **A. Lacroix** fait hommage à l'Académie d'une plaquette intitulée *Une famille de bons serviteurs de l'Académie des Sciences et du Jardin des Plantes. Les* LUCAS.

THÉORIE DES VIBRATIONS. — *Relations entre le problème de la stabilité séculaire et celui des vitesses critiques.* Note de M. **Émile Jouguet**.

I. Soit un système matériel défini par des variables $q_1 \ldots q_n$, r, la variable r, gyroscopique, ne figurant pas dans le potentiel $V(q)$ et n'entrant que par sa dérivée dans la force vive $2W$. Nous supposerons que r, est unique et est un angle de rotation

$$2W = 2\Xi(q, q') + 2\Psi(q, q', r') + 2\Phi(q, r').$$

Soit $J(q, x)$ ce que devient Φ quand on y remplace r' par sa valeur tirée de $\partial\Phi/\partial r' = x$. Écrivons les équations de Lagrange (L) avec, en regard, ce qu'elles deviennent (E) quand on y fait les q et r' constants ([1]). Les équations (E) définissent les *régimes* R

$$(\mathrm{L})\begin{cases} (1)\quad \dfrac{d}{dt}\dfrac{\partial W}{\partial q'} - \dfrac{\partial W}{\partial q} + \dfrac{\partial V}{\partial q} = 0, \\ (2)\quad \dfrac{d}{dt}\dfrac{\partial W}{\partial r'} = 0 \quad \text{ou} \quad \dfrac{\partial W}{\partial r'} = x, \end{cases} \qquad (\mathrm{E})\begin{cases} \dfrac{\partial(J+V)}{\partial q} = 0 \quad (n \text{ équations}), \\ \dfrac{\partial \Phi}{\partial r'} = x. \end{cases}$$

([1]) Sur ces définitions, notations et résultats, voir mon Mémoire *Sur la Stabilité séculaire* (*Journ. Éc. Polytech.*, 2e série, 27e Cahier, 1929, p. 205).

II. *Vitesses critiques.* — Supposons que, pour $r' = \omega$, les équations (E) n'aient aucune solution en q ou ne fournissent, pour les q, que des valeurs physiquement inadmissibles. ω *est une vitesse critique d'impossibilité.*

Soit au contraire un système de valeurs constantes $q = a$, $r' = \omega$, $x = \xi$ physiquement admissibles et vérifiant (E). C'est là un régime R. Étudions les mouvements voisins de R pour lesquels x conserve la valeur ξ. Posons

$$(3) \qquad q = a + \varepsilon, \qquad r' = \omega + \zeta, \qquad x = \xi \qquad (\varepsilon, \zeta \text{ petits et fonctions de } f)$$

et ne conservons que le premier ordre en ε, ζ. Les équations (L) deviennent des équations (l) différentielles, linéaires, à coefficients constants, sans second membre. Les équations (E) deviennent des équations ordinaires (e) linéaires et homogènes en ε, ζ.

Les équations (e) sont vérifiées pour $\varepsilon = \zeta = 0$. Mais, si le jacobien Δ des $[\partial(J + V)/\partial q]$ par rapport aux q est nul pour $q = a$, $x = \xi$, elles sont indéterminées. Le régime a, ξ, ω est alors critique et ω est une *vitesse critique d'indétermination.* Remarquons qu'il ne s'ensuit pas que le régime R soit indéterminé, car nous n'avons raisonné que sur les équations (E) simplifiées par linéarisation.

En général, le système (e) n'est pas indéterminé. Les mouvements voisins de R sont régis par (l), lesquelles donnent pour ε et ζ, *si* R *est stable*, des sommes de cosinus. Ces mouvements sont donc des vibrations dont les fréquences propres sont fonctions de ω, a. Si une de ces fréquences est égale à $\omega/2\pi$, la vitesse angulaire ω est une *vitesse critique de résonance* (résonance avec les forces perturbatrices dont la fréquence est celle de la rotation ω et qui existent généralement dans la pratique).

La distinction entre les trois espèces de vitesses critiques n'est pas absolue et dépend de la manière de définir le système. Il arrive parfois, dans les applications, qu'une vitesse critique d'impossibilité devienne une vitesse critique d'indétermination quand certains paramètres prennent des valeurs particulières. Il arrive aussi qu'on puisse définir le système par des variables $\chi_1, \ldots, \chi_n$, ρ autres que $q_1, \ldots, q_n$, r, et que cette nouvelle définition fasse apparaître de nouvelles vitesses critiques ou transforme une vitesse critique d'indétermination en vitesses critique de résonance.

III. *Stabilité séculaire.* — Le régime R peut être stable ordinairement ou séculairement, la stabilité séculaire étant caractérisée par le fait qu'elle se maintiendrait si les variables q devenait visqueuses. D'ailleurs, la stabilité peut être séculaire pour le système de variables q, r et non séculaire pour le système χ, ρ. Quand un régime possède la stabilité séculaire pour

un certain système de variables, ce régime et sa stabilité ne sont pas modifiés par l'introduction de viscosités affectant les variables non gyroscopiques. Mais la nature des petits mouvements l'est, le phénomène de la résonance se complique et peut disparaître; les vitesses critiques de résonance sont modifiées ou même supprimées.

La condition nécessaire et suffisante de stabilité séculaire est que $J+V$, considérée comme fonction des q, soit minimum. Faisons varier x. Pour chaque valeur de x, (E) définit un régime R. Imaginons que la stabilité de ce régime passe du caractère séculaire au caractère ordinaire pour une certaine valeur $x=\xi$, à laquelle correspondent par (E) les valeurs a, ω de q et de r'. On démontre facilement, moyennant quelques hypothèses de continuité [2], que le jacobien Δ est alors nul pour a, ξ, a. La vitesse ω est donc une vitesse critique d'indétermination. C'est la généralisation d'un fait constaté par Lamb pour les arbres de machines.

IV. *Premier exemple. Gyroscope.* — Corps solide de révolution, pesant, suspendu par un point de son axe. Axes fixes OX_1, OZ_1 horizontaux, OY_1 vertical ascendant. Axes mobiles $Ox_1y_1z_1$ suivant les axes principaux d'inertie. Le centre de gravité G est sur l'axe de révolution $Oz_1 : OG=-l\,(l>0)$. θ_1, φ_1, ψ_1 angles d'Euler [3]. I moment d'inertie relatif à l'axe de révolution, E moment d'inertie équatorial. On suppose $I<E$.

Si l'on note $OY_2Z_2X_2$, et $Oy_2z_2x_2$ les axes $OX_1Y_1Z_1$ et $Ox_1y_1z_1$, on a, dans ce nouveau repérage, de nouveaux angles d'Euler θ_2, φ_2, ψ_2.

Le régime R où l'axe de révolution est vertical, avec G vers le bas, le corps tournant autour de son axe de révolution, est défini, dans nos deux systèmes de repérage, par

$$\theta_1=-\frac{\pi}{2},\quad \psi_1=0,\quad \varphi'_1=\omega;\qquad \theta_2=\frac{\pi}{2},\quad \varphi_2=\frac{\pi}{2},\quad \psi'_2=\omega.$$

Étudions, dans ces deux systèmes, les régimes voisins de R :

$$\theta_1=-\frac{\pi}{2}+\varepsilon_1,\quad \psi_1=\eta_1,\quad \varphi'_1=\omega+\zeta_1,\qquad \theta_2=\frac{\pi}{2}+\varepsilon_2,\quad \varphi_2=\frac{\pi}{2}+\eta_2,\quad \psi'_2=\omega+\zeta_2;$$

$$(l)\ \left\{\begin{aligned} &E\varepsilon''_1-I\omega\eta'_1+Mgl\,\varepsilon_1=0,\\ &E\eta''_1+I\omega\varepsilon'_1+Mgl\,\eta_1=0,\\ &\zeta_1=0;\end{aligned}\right.\qquad (l)\ \left\{\begin{aligned} &E\varepsilon''_2-(I-2E)\,\omega\eta'_1+[(I-E)\,\omega^2+Mgl]\,\varepsilon_2=0,\\ &E\eta''_2+(I-2E)\,\omega\varepsilon'_2+[(I-E)\,\omega^2+Mgl]\,\eta_2=0,\\ &\zeta_2=0.\end{aligned}\right.$$

---

[2] On peut utiliser pour cela les indications données par Liénard et Chipart à l'article 21 de leur Mémoire du *Journ. Math. pures et appl.*, 6e série, 10, 1914, p. 291.

[3] D'après la définition d'Appell, *Traité de Mécanique rationnelle*, 2, p. 142.

$\omega = \sqrt{\mathrm{M}gl/(\mathrm{E}-\mathrm{I})}$ est, pour les variables θ_2, φ_2, ψ_2, une vitesse de passage de la stabilité ordinaire à la stabilité séculaire. C'est, pour les mêmes variables, une vitesse critique d'indétermination. Pour les variables θ_1, φ_1, ψ_1 c'est une vitesse critique de résonance. $\sqrt{\mathrm{M}gl/(\mathrm{E}+\mathrm{I})}$ est aussi vitesse critique de résonance pour θ_1, φ_1, ψ_1. $\sqrt{\mathrm{M}gl/[2(2\mathrm{E}-\mathrm{I})]}$ est vitesse critique de résonance pour θ_2, φ_2, ψ_2.

V. *Deuxième exemple. Rotor de turbine.* — Soit le disque de turbine étudié par nous dans une Note parue ici même ([4]) dont nous suivons les notations. Considérons le régime $\alpha_0 = 0$, $r_0 = e\omega^2/(\Omega^2-\omega^2)$, $\psi'_0 = \omega$. $\omega = \Omega$ est une vitesse critique d'impossibilité, qui serait une vitesse critique d'indétermination si e était nul. Les petits mouvements autour de ce régime sont régis par

$$r = r_0 + \varepsilon, \qquad \alpha = \eta, \qquad \psi' = \omega + \zeta;$$

$$(l)\qquad \begin{cases} \varepsilon'' + 2\omega r_0 \dfrac{\mathrm{I}}{\mathrm{K}}\eta' + \left(\Omega^2 - \omega^2\dfrac{\mathrm{L}}{\mathrm{K}}\right)\varepsilon = 0, \\ r_0^2\dfrac{\mathrm{I}}{\mathrm{K}}\eta'' - 2\omega r_0\dfrac{\mathrm{I}}{\mathrm{K}}\varepsilon' + e\omega^2 r_0\eta = 0, \\ \mathrm{K}\zeta = \mathrm{M}r_0(r_0+e)\eta' - 2\mathrm{M}(r_0+e)\omega\varepsilon \end{cases}$$

avec

$$\mathrm{K} = \mathrm{I} + \mathrm{M}(r_0+e)^2, \qquad \mathrm{L} = \mathrm{I} - 3\mathrm{M}(r_0+e)^2.$$

Il y a deux vitesses critiques de résonance, dont l'une tend vers $\Omega/2$ quand e est très petit. Cette vitesse est bien connue.

Supposons que le système présente une viscosité très forte relativement à α, c'est-à-dire une très grande résistance à la rotation de l'arbre en flexible. Il faut alors ajouter à la seconde équation ci-dessus un terme en $h\eta'$ avec h très grand. On a alors une vitesse de résonance égale à $\Omega/\sqrt{2}$. Il est permis de se demander si ce n'est pas cette vitesse qu'a observée Stodola à 1650 tours pour un arbre dont la seconde vitesse critique ordinaire était évaluée à 2336 tours ([5]).

([4]) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 793.

([5]) Stodola, *Turbines à vapeur et à gaz*, art. **191**, p. 933 de la traduction française.

BOTANIQUE ET AGRONOMIE COLONIALE. — *Sur les Caféiers nouveaux d'Afrique comme source principale de cafés pour la consommation française.* Note de M. **Auguste Chevalier.**

Le 4 mai 1715, Antoine de Jussieu donnait lecture devant ses Confrères de l'Académie royale des Sciences d'un Mémoire sur le Caféier dans lequel il faisait connaître la plante que nous nommons aujourd'hui *Coffea arabica* L. Il put la décrire d'après un plant donné à Louis XIV en 1714 par le bourgmestre d'Amsterdam et qui avait été déposé au Jardin du Roi, notre actuel Muséum d'Histoire naturelle. Ce plant ayant fleuri et donné des graines, de Jussieu put le multiplier et c'est de ce premier pied que sortirent la plupart des Caféiers *arabica* qui se répandirent dans nos vieilles colonies au XVIIIe siècle. En 1716, Antoine de Jussieu apprit qu'il existait à l'Ile Bourbon une deuxième espèce de Caféier, comparable à l'*arabica* mais donnant une boisson amère et enivrante. Lamarck la nomma, en 1783, *Coffea mauritiana*.

Cette dernière espèce n'a pas répondu aux espoirs que de Jussieu fondait sur elle. C'est au cours du XIXe siècle que l'on a pu déterminer la composition du grain d'*arabica* et établir son rôle physiologique. Ses principales propriétés sont dues surtout à la présence d'un alcaloïde, la caféine, qui existe dans la graine dans la proportion de 0,62 à 1,50 pour 100 suivant les variétés et aussi sans doute suivant le degré de maturité des graines, le sol, le climat, etc. Par la torréfaction on fait apparaître une substance volatile appelée caféone ou caféol qui constitue le principal élément déterminant l'arome du café.

Pendant longtemps on n'a connu qu'une seule espèce botanique, le *Coffea arabica*, donnant ce breuvage noir appelé café, contenant plus ou moins de caféine.

Tous les caféiers connus, au nombre de 50 espèces, vivent à l'état spontané exclusivement dans les parties chaudes de l'Ancien Monde. C'est seulement en Afrique tropicale que se rencontrent les espèces à caféine ayant un intérêt pratique.

L'étude botanique de Madagascar et des Iles Mascareignes a fourni une vingtaine d'espèces très spéciales. Notre Confrère, M. Gabriel Bertrand, a reconnu que ces espèces ne contiennent pas de caféine; elles ne peuvent donc être utilisées pour la production du café.

L'exploration du continent africain devait fournir les plus précieuses indications sur la géographie du genre *Coffea*.

Les voyages botaniques des Docteurs Quartin-Dillon et Petit, puis celui de W. Schimper (1838-1840) en Abyssinie, démontrèrent que le *Coffea arabica* vit à l'état sauvage sur les montagnes du Pays Galla (Tigré, Chiré, Amara, Addi Wusseni) le long des ravins, entre 6000 et 7000 pieds d'altitude. L'Abyssinie est donc la patrie de cette espèce et en Arabie elle n'est qu'introduite.

En 1850 une deuxième espèce à caféine fut rencontrée à l'état sauvage en Guinée, en amont de Boké, sur le Rio-Nunez, le *Coffea stenophylla* G. Don. Il fournit un excellent café, mais il donne des rendements tellement faibles que sa culture a été abandonnée. En 1878, Hiern décrivit une troisième espèce à caféine, le *Coffea liberica* ou café de Monrovia, trouvée d'abord dans les plantations des Noirs des environs de Cap Palmas. La découverte de cette espèce provoqua de grands espoirs, car elle se fit au moment où la culture de l'*arabica* était fortement en régression dans l'Ancien Monde par suite de l'extension de nombreuses maladies parmi lesquelles un Champignon (*Hemileia vastatrix*) contre lequel on ne parvenait pas à lutter; le *liberica* était plus résistant et donnait des rendements plus élevés.

Mais d'autres nouvelles espèces africaines allaient à partir de 1900 provoquer des engouements encore plus mérités. En 1897, Froehmer publia la description du *Coffea congensis* des îles du Congo et de l'Oubangui collecté par J. Dybowski en 1893 et par Em. Laurent en 1896, par nous en 1902, espèce voisine de *C. arabica;* le *C. congensis* donne aussi en Afrique des rendements faibles; c'est sans doute pour cela que sa culture n'a pas pris de développement. C'est en cette même année 1897 que fut décrit le *Coffea canephora* Pierre (avec pour synonymes *C. Laurentii* De Wildem., *C. bukobensis* Zimmerm., *C. Maclaudi* Chev., *C. ugandæ* Cramer) qui devait acquérir par la suite une grande notoriété culturale avec les noms de ses variétés : *Robusta, Kouilou, Sankourou, Ouganda, Petit Indénié, Niaouli*, etc. Enfin, en 1900, Durand et De Wildeman décrivent sommairement le *C. Dewevrei* de l'Oubangui auquel se rattachent comme formes voisines le *C. excelsa* Chev. que nous avons découvert dans le Haut-Chari en 1902, puis d'autres races : *C. Dybowskii* Pierre, *C. neo-Arnoldiana* Chev., *C. abeocutæ* Cramer, *C. Zenkeri* Krause, etc. Ces derniers caféiers sous le nom de *Chari, Arnoldiana, Gros Indénié*, etc., ont acquis, tant en Afrique qu'en Indochine et à Java, la réputation de caféiers prospères en culture et donnant de bonnes qualités de cafés.

Les quatre groupes de Caféiers que nous venons de citer, *C. liberica*, *C. congensis*, *C. canephora robusta*, *C. Dewevrei excelsa*, ne se rapprochent pas seulement de *C. arabica* par leurs caractères botaniques qui en font des espèces très voisines, mais leurs graines ont sensiblement la même composition et les mêmes propriétés. La caféine y existe à des doses normales.

La torréfaction bien conduite y développe aussi la caféone; toutefois ces caféiers nouveaux donnent en général un café moins aromatique et moins doux que l'*arabica*, mais par la sélection il est possible d'accroître la teneur

en acide cafétanique et en caféone; plusieurs sortes nouvelles ont déjà perdu leur amertume par la culture et certaines ont acquis un arome qui plaît.

L'*arabica* est un arbuste de montagne qui, dans sa patrie, ne descend pas à l'état spontané au-dessous de 1000^m d'altitude; aussi dans tous les pays tropicaux de basse altitude, il est attaqué par de nombreuses maladies et il dépérit, à moins d'être cultivé dans des sols très riches en humus. Dans l'Amérique du Sud, aux environs du 23e degré de latitude Sud (État de São-Paulo au Brésil), c'est-à-dire à la limite du tropique, entre 550 et 800^m d'altitude sur les terres violettes (*terra roxa*) d'origine éruptive occupées par la forêt, il a trouvé un climat et un sol d'élection. La production de São-Paulo et des États limitrophes est telle qu'elle pourrait suffire à la consommation mondiale de café, qui est d'environ un million et demi de tonnes par an. Depuis plusieurs années, le Brésil est obligé d'arracher des millions de caféiers et de détruire le café récolté par centaines de milliers de tonnes, n'en trouvant pas la vente. Tous les pays qui pouvaient le faire ont profité de la période actuelle d'autarcie pour produire le café nécessaire à leur consommation. La France a suivi le mouvement. Ses besoins en café verts sont d'environ 180000 tonnes par an. Par des primes et des détaxes elle a encouragé grandement, depuis une dizaine d'années, la culture des caféiers dans ses colonies. Notre production coloniale, qui n'était que de 5000 tonnes en 1928, va être cette année de 50000 à 60000 tonnes. Certaines colonies sont devenues de grands producteurs de café, notamment Madagascar 35000 tonnes, l'Afrique occidentale française 12000 à 14000 tonnes, le Cameroun, l'Afrique équatoriale etc.

Ce grand développement qui se poursuit est dû entièrement aux nouvelles espèces de caféiers découvertes en Afrique tropicale et que nous avons citées plus haut. L'*arabica* n'y est pour rien; nos colonies produisent cette année 3800 t. seulement de ce café, dont 1200 t. en Nouvelle-Calédonie. Pourtant, depuis 40 ans, les efforts pour développer la culture de l'*arabica* dans nos colonies d'Afrique et en Indochine ont été incessants, très coûteux et cependant vains. C'est que, dans ces colonies, les sols de montagnes, couverts de grandes forêts, sur lesquels prospère cette plante font presque défaut. Cette orophyte est en même temps quasi saprophyte et exige une atmosphère constamment humide et tempérée (sauf au moment de la floraison) et un sol très fertile. Ces conditions ne sont remplies dans aucune de nos colonies tropicales; elles existaient autrefois à la Martinique, à la Guadeloupe, à la Réunion avant les grands déboisements et

avant l'érosion consécutive qui a fait disparaître les sols fertiles de surface.

Dans les pays franchement tropicaux, on ne peut cultiver l'*arabica* au-dessous de 600-800^m d'altitude. Plus bas, il est envahi par les parasites, il donne des rendements dérisoires et succombe au bout de quelques années, alors qu'à São-Paulo les caféiers sont souvent prospères encore à 50 ans, après avoir fourni des récoltes abondantes.

Les nouveaux caféiers d'Afrique, originaires de basses ou de moyennes altitudes, vivant à l'état spontané sur des sols relativement pauvres et sous des climats tropicaux variés (en général de 0 à 600^m d'altitude dans la forêt dense équatoriale et sur ses lisières), se trouvent dans leur milieu même dans nos colonies tropicales. Ils sont aussi moins exigeants, plus résistants aux parasites, et ils fournissent à partir de la quatrième année des récoltes substantielles. La production coloniale française de ces cafés dépassera 50000 t. en 1938; on estime qu'elle pourrait être de 80000 t. en 1940, et, dans un délai très rapproché, nos colonies pourraient fournir à la Métropole tout le café qui lui est nécessaire.

Une extension aussi rapide de cette production a alarmé les importateurs et brûleurs français de cafés, habitués à vendre des cafés étrangers (surtout brésiliens). Aussi sont-ils intervenus récemment en disant que le consommateur français rejeterait ces cafés peu aromatiques et de goût neutre s'ils n'étaient mélangés dans une forte proportion à du café *arabica*.

Nous estimons qu'il est cependant possible de modifier progressivement et avec adresse le goût du consommateur. Déjà de nombreuses personnes qui se sont habituées à nos cafés coloniaux nouveaux ne veulent pas en consommer d'autres. Il n'est pas douteux du reste qu'ils peuvent être améliorés, comme nous le montrerons dans une prochaine Note. Aussi dès maintenant nous nous élevons contre les entraves qui seraient apportées à la production de ces cafés dans nos possessions et à leur importation et vente. Dans l'état actuel de nos connaissances, seules les sortes se rattachant soit à l'espèce *Canephora robusta*, soit au *C. Dewevrei excelsa* peuvent être cultivées sur une très grande échelle et avantageusement dans nos colonies; leur production suffira très prochainement aux besoins de la Métropole en café et rien ne s'oppose à ce qu'ils entrent dans la consommation, à l'exclusion des sortes importées de l'étranger.

PROTOZOOLOGIE. — *Sur le mode de multiplicat des flagelles à chaque division chez l'*Oxyrrhis marina. Note de M. **Pierre-Augustin Dangeard.**

L'*Oxyrrhis marina* est un organisme inférieur marin des plus communs : il appartient à la famille des Péridiniens qui comprend des espèces qui habitent les unes dans les eaux douces, les autres dans la mer : quelques-unes vivent en parasites.

Chaque individu est pourvu, pendant la période d'activité, de deux flagelles, l'un qui correspond au flagelle longitudinal et le second au flagelle transversal des autres espèces. Le premier qui est traîné à l'arrière est d'une longueur inusitée chez les organismes inférieurs puisqu'elle atteint 75^{μ} ou davantage ; l'autre est un peu moins long et aussi d'un diamètre légèrement plus faible.

Dans l'ensemble des Protozoaires et des Protophytes, qui forment une sorte de règne à part, base de la vie et du mouvement, un problème s'est posé de longue date dont la solution intégrale a été retardée jusqu'ici, par suite des difficultés d'observation auxquelles on se heurtait.

Tous ces êtres, infiniment petits pour la plupart, manifestent une activité très grande et se déplacent au moyen soit de pseudopodes, soit de prolongements filiformes qui sont les flagelles.

On a pu, à l'aide d'exemples très probants, montrer que les flagelles ne sont que des pseudopodes étirés plus ou moins longuement et dont la forme fixée, ainsi que le nombre, est devenue caractéristique pour les espèces : ainsi certaines espèces n'ont qu'un flagelle; beaucoup en possèdent deux, quelques-unes en ont davantage, assez rarement plus de quatre ou huit.

Ce nombre de flagelles à chaque division du corps, doit être doublé, afin que les nouveaux individus conservent leur structure normale. Le problème à résoudre était de savoir comment a lieu cette multiplication des flagelles qui accompagne la multiplication des individus.

Lorsqu'il s'agit du noyau, rien n'est plus facile actuellement que d'observer sa division en relation avec la bipartition des individus ; pour ce qui est des flagelles, il en est différemment : ce sont des filaments d'une ténuité extrême, difficiles à apercevoir, même aux plus forts grossissements, ce qui explique qu'on soit jusqu'ici resté dans l'incertitude sur leur mode de naissance.

Toutefois, on savait déjà depuis assez longtemps que, chez certaines espèces tout au moins, les flagelles nouveaux naissent de *novo*, ce qui veut dire qu'à chaque bipartition du corps, il se produit une filtration du cytoplasme incolore et homogène au travers de la membrane : à chaque pore de filtration correspond un flagelle nouveau.

Nous avions même réussi à suivre les stades successifs de cette formation dans une espèce favorable à cet examen délicat, chez le *Stephanosphæra Fabreæ* (1) : le mode de répartition des flagelles aux nouveaux individus avait été indiqué de manière certaine, chacun emportait un flagelle d'origine ancienne et un flagelle apparu de *novo* par filtration.

Mais certains savants avaient envisagé la possibilité d'une multiplication des flagelles par une fission longitudinale du filament, mais sans en apporter la preuve.

C'est cette preuve que nous apportons aujourd'hui, pour ce qui est de l'*Oxyrrhis marina*.

Au cours de recherches effectuées sur la structure et le développement des Péridiniens, et qui sont à l'impression nous avions remarqué qu'au moment où le noyau se prépare en vue d'une haplomitose normale, il y avait déjà deux flagelles d'égale longueur et parallèles entre eux depuis la base jusqu'au sommet.

Cette disposition ne semblait guère pouvoir concorder avec la naissance par filtration de l'un des flagelles; aussi nous avons multiplié nos observations et nous avons réussi à fournir la preuve que si, chez certaines espèces comme le *Stephanosphæra Fabreæ*, il est certain que les nouveaux flagelles naissent de *novo* par filtration du cytoplasme, il est non moins incontestable que, chez l'*Oxyrrhis marina*, les flagelles se dédoublent sur toute leur longueur à chaque bipartition du corps.

Le phénomène débute de très bonne heure, alors qu'aucun étranglement du corps n'existe encore : le noyau lui-même est encore indivis : toutefois, son allongement en biscuit selon le grand axe et la tendance des chaînettes de chromomères à s'orienter suivant cet axe, indiquent l'approche de la division du noyau.

C'est à ce moment précis que le flagelle longitudinal, qui jusqu'ici se montrait homogène, laisse apercevoir en son centre un axe très fin et plus sombre que la gaine qui l'entoure : c'est par dissolution de cet axe, qui s'élargit dans un plan diamétral, que le flagelle se dédouble; les deux

---

(1) *Le Botaniste*, 12, 1902, p. 1.

moitiés, en se séparant restent d'abord parallèles et nettement distinctes à une distance de 2^{μ} environ : puis les deux nouveaux flagelles s'écartent progressivement en formant un angle variable à partir de la base commune d'insertion. Pendant quelque temps, les deux flagelles au début de leur séparation restent indivis sur une longueur de 10 à 15^{μ}. Le flagelle transversal subit de son côté une bipartition analogue, et nous avons remarqué qu'il est parfois encore sans changement apparent dans toute sa partie basilaire alors que l'autre extrémité est déjà dédoublée.

Après les constatations que nous venons de faire, il reste à déterminer dans les différents groupes d'organismes inférieurs, le mode de naissance des flagelles qui prédomine; formation *de novo* par filtration ou formation par dédoublement, et à tirer de ces observations les conclusions générales qui s'imposeront.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Actions totales exercées sur l'aimantation dans un système de corps isotropes*. Note (¹) de M. **Louis Roy**.

Le principe de la conservation de l'énergie et le théorème des forces vives appliqués à une modification élémentaire d'un système conduisent à l'égalité

$$\delta\mathfrak{T}_i = -\delta U - \mathfrak{C}\,\delta Q, \tag{1}$$

$\delta\mathfrak{T}_i$ désignant le travail élémentaire des forces intérieures, δU l'accroissement de l'énergie interne du système, δQ la quantité de chaleur dégagée, $\mathfrak{C}$ l'équivalent mécanique de la chaleur. Cette égalité a été le point de départ de la théorie des actions électrodynamiques et électromagnétiques, que P. Duhem a autrefois développée d'après Helmholtz et qui conserve l'avantage de s'appliquer à des courants quelconques, de conduction et de déplacement, uniformes ou non.

Le corps aimanté considéré par Duhem était un aimant permanent rigide, pour lequel seulement il était possible de calculer avec certitude les variations $\delta(\mathcal{A}, \mathcal{B}, \mathcal{C})$ des composantes, suivant les axes de coordonnées rectangulaires $Oxyz$, de l'intensité d'aimantation dans la modification élémentaire considérée. Le cas de l'aimant parfaitement doux, rigide ou déformable, se trouvait ainsi exclu. Or on reconnaît que la considération

(¹) Séance du 10 octobre 1938.

d'un tel aimant ne présente plus de difficulté, si l'on prend soin de développer également les termes d'apparence purement magnétique du second membre de (1). En effet, l'application à ces termes de la loi de l'aimantation fait apparaître des termes électromagnétiques, précisément égaux en valeur absolue et de signes contraires aux termes gênants en $\delta(\mathfrak{A}, \mathfrak{B}, \mathfrak{C})$ qu'introduit, dans la partie électromagnétique du travail, la considération d'aimants parfaitement doux. Les termes en $\delta(\mathfrak{A}, \mathfrak{B}, \mathfrak{C})$ qui subsistent sont donc relatifs aux seuls aimants permanents, pour lesquels le calcul de ces variations ne présente aucune difficulté.

On reconnaît d'autre part que, dans les actions élémentaires qui s'exercent sur un aimant parfaitement doux déformable, il est impossible de séparer complètement ce qui est purement magnétique de ce qui est électromagnétique, la séparation complète n'apparaissant que dans la résultante et le moment résultant des forces élémentaires. Considérons donc les actions totales (dues à l'aimantation et aux courants) qui s'exercent sur l'aimantation d'un système de corps isotropes et soient, tout d'abord, ε' la constante fondamentale des actions magnétiques, $\mathcal{S}$ la densité superficielle de la distribution fictive équivalente de l'aimantation, $(\mathfrak{X}, \mathfrak{Y}, \mathfrak{Z})$ le champ magnétique total (dû à l'aimantation et aux courants), $\mathcal{G}$ la fonction définie par

$$\mathcal{G} = \mathcal{F} - \rho \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial \rho},$$

$\mathcal{F}$ étant une fonction de l'intensité d'aimantation $\mathcal{J}$, de la densité ρ et de la température T en un point (x, y, z), liée, pour un corps parfaitement doux, à la susceptibilité magnétique $\varkappa$ en ce point par la relation

$$\frac{\mathcal{J}}{\varkappa} = \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial \mathcal{J}}.$$

Cela posé, voici les résultats que fournit le développement complet du second membre de (1) :

1. *Aimant parfaitement doux déformable.* — En chaque point M de la surface S d'un tel aimant s'exerce la tension normale

$$2\pi\varepsilon' \mathcal{S}^2 + |\mathfrak{A}\mathfrak{X}| - \mathcal{G}, \tag{2}$$

comptée positivement vers l'extérieur du corps. Le premier terme en a été indiqué pour la première fois par M. Alfred Liénard (*La Lumière électrique*,

1894, p. 7 et 67); le second désigne le produit scalaire des vecteurs $(\mathcal{A}, \mathcal{B}, \mathcal{C})$ et $(\mathfrak{X}, \mathfrak{Y}, \mathfrak{Z})$ (²).

En chaque point intérieur de cet aimant s'exerce la force par unité de volume de composantes

$$(3) \qquad -\frac{\rho}{\varkappa}\frac{\partial\varkappa}{\partial\rho}\left(\mathfrak{X}\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial x}+\mathfrak{Y}\frac{\partial\mathcal{B}}{\partial x}+\mathfrak{Z}\frac{\partial\mathcal{C}}{\partial x}\right)+\frac{\partial\mathcal{G}}{\partial\rho}\frac{\partial\rho}{\partial x}+\frac{\partial\mathcal{G}}{\partial\mathrm{T}}\frac{\partial\mathrm{T}}{\partial x}, \quad \ldots$$

Ainsi qu'il a été dit, on voit que les termes en $\mathcal{G}$ des actions élémentaires (2) et (3) empêchent de séparer entièrement ce qui est dû à l'aimantation de ce qui est dû aux courants.

La résultante et le moment résultant des forces élémentaires résultant de (2) et (3) peuvent être calculés comme si l'aimant était soumis, en chaque point de sa surface, à la tension $2\pi\varepsilon'\mathcal{S}^2$ de M. Liénard et à la force par unité de volume de composantes

$$\mathcal{A}\frac{\partial\mathfrak{X}}{\partial x}+\mathcal{B}\frac{\partial\mathfrak{Y}}{\partial x}+\mathcal{C}\frac{\partial\mathfrak{Z}}{\partial x}, \quad \ldots$$

On voit que, dans les éléments de cette réduction, la séparation des termes dus à l'aimantation et aux courants est complète, puisque la fonction $\mathcal{G}$ a disparu.

II. *Aimant permanent rigide.* — La résultante et le moment résultant des forces qui s'exercent sur un tel aimant peuvent être calculés par la règle précédente, sauf à ajouter à la tension et à la force par unité de volume le couple par unité de volume de composantes

$$\mathcal{B}\mathfrak{Z}-\mathcal{C}\mathfrak{Y}, \quad \mathcal{C}\mathfrak{X}-\mathcal{A}\mathfrak{Z}, \quad \mathcal{A}\mathfrak{Y}-\mathcal{B}\mathfrak{X}.$$

III. *Aimant parfaitement doux rigide.* — La résultante et le moment résultant peuvent être calculés par la même règle que pour l'aimant parfaitement doux déformable.

M. H. Colin fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *Les grands courants d'idées en sélection betteravière.*

(²) Le champ magnétique dû à l'aimantation étant discontinu à la traversée de S, il en est de même du champ magnétique total. Dans l'expression (2), $(\mathfrak{X}, \mathfrak{Y}, \mathfrak{Z})$ ne désigne pas le champ magnétique total en M, mais la limite vers laquelle tend ce champ en un point M′ *intérieur* à l'aimant, quand M′ tend vers M.

NOMINATIONS.

M. A. Guilliermond est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration du monument élevé à la mémoire de Henri Lecomte, à Planois, commune de Basse-sur-le-Rupt, Vosges, le dimanche 30 octobre 1938.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

K. G. Meldahl. *Tidal Forces in the Sun's Corona due to Planets.*

M. le Maire de La Ville-du-Bois invite l'Académie à se faire représenter, le 23 octobre 1938, à l'inauguration d'une *Plaque commémorative* dans la propriété qu'habita, il y a trois cent cinquante ans, Ambroise Paré.

M. A. Gosset est désigné.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un test général pour la convergence uniforme des séries de Fourier.* Note de M. **Raphaël Salem**, présentée par M. Paul Montel.

Soient $f(x)$ une fonction continue, $\omega(\delta)$ son module de continuité, $\varphi(t)$ la fonction $f(x+t)-f(x)$. Soit [1]

$$I=\int_0^\pi [\varphi(t)+\varphi(-t)]\frac{\sin nt}{t}\,dt.$$

Considérons d'abord l'intégrale de $\varphi(t)\sin nt/t$ et partageons l'intervalle d'intégration en deux par le point π/n. La première intégrale obtenue est

(1) Cf. Zygmund, *Trigonometrical Series,* Varsovie, 1935, p. 24.

en valeur absolue inférieure à $\pi\omega(\pi/n)$. Pour la seconde on a

(1) $$\int_{\frac{\pi}{n}}^{\pi}\frac{\varphi(t)}{t}\sin nt\,dt = \int_{\frac{\pi}{n}}^{\frac{2\pi}{n}}\left[\sum_{k=0}^{n-2}(-1)^k\frac{\varphi\left(t+k\frac{\pi}{n}\right)}{t+k\frac{\pi}{n}}\right]\sin nt\,dt$$
$$= -2\sum_{k=0}^{n-2}(-1)^k\frac{\varphi\left(\theta+k\frac{\pi}{n}\right)}{n\theta+k\pi},$$

θ étant compris entre π/n et $2\pi/n$. Nous pouvons, sans inconvénient, supposer n impair. On a

$$\frac{\varphi\left(\theta+2h\frac{\pi}{n}\right)}{n\theta+2h\pi}-\frac{\varphi\left(\theta+\overline{2h+1}\frac{\pi}{n}\right)}{n\theta+\overline{2h+1}\pi}$$
$$=\frac{\varphi\left(\theta+2h\frac{\pi}{n}\right)-\varphi\left(\theta+\overline{2h+1}\frac{\pi}{n}\right)}{n\theta+2h\pi}+\varphi\left(\theta+\overline{2h+1}\frac{\pi}{n}\right)\left[\frac{1}{n\theta+2h\pi}-\frac{1}{n\theta+\overline{2h+1}\pi}\right]$$

et

$$\left|\varphi\left(\theta+\overline{2h+1}\frac{\pi}{n}\right)\right|\left[\frac{1}{n\theta+2h\pi}-\frac{1}{n\theta+\overline{2h+1}\pi}\right]$$
$$<\omega\left(\overline{2h+3}\frac{\pi}{n}\right)\frac{1}{(2h+1)(2h+2)\pi}.$$

La somme de ces dernières quantités est inférieure, si $|f|<M$, à

$$\frac{1}{\pi}\omega\left(\overline{2q+1}\frac{\pi}{n}\right)+\frac{2M}{\pi}\frac{1}{2q+1}\qquad(2q+1<n-2)$$

et tend donc uniformément vers zéro avec $1/n$, comme on le voit en choisissant q convenablement.

D'autre part, on a

$$\frac{1}{n\theta+2h\pi}-\frac{1}{(2h+2)\pi}<\frac{1}{(2h+1)(2h+2)\pi}.$$

Donc, à des quantités près tendant uniformément vers zéro avec $1/n$, l'intégrale (1) est égale à $-1/\pi\, T_n(x+\theta)$, en posant

$$T_n(x)=\frac{f(x)-f\left(x+\frac{\pi}{n}\right)}{1}+\frac{f\left(x+\frac{2\pi}{n}\right)-f\left(x+\frac{3\pi}{n}\right)}{2}+\ldots$$
$$+\frac{f\left(x+\overline{n-1}\frac{\pi}{n}\right)-f(x+\pi)}{\frac{1}{2}(n+1)}.$$

Il suffit donc que $T_n(x)$, ainsi que l'expression qui s'en déduit par le changement de π en $-\pi$, tendent uniformément vers zéro avec $1/n$, pour que I tende uniformément vers zéro et que par suite la série de Fourier de $f(x)$ converge uniformément.

Ce test comprend plusieurs tests de convergence uniforme dont certains sont classiques ; ainsi en particulier :

1° Le test de Dini-Lipschitz : $\omega(\pi/n)\log n \to 0$ en est une conséquence immédiate ;

2° Le test de Jordan également, puisque

$$|T_n(x)| < \omega\left(\frac{\pi}{n}\right)\left[1+\frac{1}{2}+\ldots+\frac{1}{m}\right]+\frac{V}{m+1},$$

V étant la variation totale de f ; m étant choisi convenablement, cette expression tend vers zéro avec $1/n$.

3° Plus généralement, soient $\Phi(u)$, $\Psi(v)$ deux fonctions complémentaires au sens de W. H. Young (²) définies pour u et v assez petits. Désignons par Δ_k la quantité $|f(x+\overline{2k-2}\,\pi/n)-f(x+\overline{2k-1}\,\pi/n)|$ et soit ε_k une fonction positive de k décroissant aussi lentement qu'on voudra et tendant vers zéro avec $1/k$. On a

$$\frac{\Delta_k}{k\varepsilon_k} < \Phi(\Delta_k)+\Psi\left(\frac{1}{k\varepsilon_k}\right).$$

Choisissons Ψ à croissance lente mais assez rapide pour que $\Sigma\Psi(1/k)$ converge ; alors ε_k étant convenablement choisi, $\Sigma\Psi(1/k\varepsilon_k)$ convergera aussi. Si f est une fonction à Φ-*variation bornée* suivant la terminologie de L. C. Young (³), on aura

$$\sum_{1}^{\frac{1}{2}(n-1)} \frac{\Delta_k}{k\varepsilon_k} < A,$$

A étant une constante ; donc

$$|T_n(x)| < \omega\left(\frac{\pi}{n}\right)\left[1+\frac{1}{2}+\ldots+\frac{1}{m}\right]+\varepsilon_m A,$$

m étant choisi convenablement, cette quantité tend vers zéro avec $1/n$. On peut prendre, par exemple

$$\Psi(v)=\int_0^v \frac{dv}{|\log v|^{\frac{1}{\alpha}}}; \qquad \Phi(u)=\int_0^u e^{-u^{-\alpha}}\,du \qquad (0<\alpha<1)$$

(²) Cf. Zygmund, *Trigonometrical Series*, Varsovie, 1935, p. 64-65.

(³) L. C. Young, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 470-472.

et l'on voit que si f est à $\exp(-u^{-\alpha})$-variation bornée avec $\alpha < 1$, sa série de Fourier converge uniformément. Ce résultat améliore celui ($\alpha < 1/2$) que L. C. Young a déjà obtenu par une autre voie ([3]).

ÉLASTICITÉ. — *Sur le problème de la chute d'une masse sur un prisme rectiligne élastique.* Note ([1]) de M. **Louis Bergeron**, présentée par M. Émile Jouguet.

La solution analytique de ce problème a été obtenue par Boussinesq. Elle a été exposée par de Saint-Venant dans une Note annexe de sa traduction de la *Théorie de l'élasticité des corps solides* de Clebsch, p. 480 (k), et par Boussinesq lui-même dans *Application des potentiels à l'Étude de l'équilibre et du mouvement des solides élastiques*, p. 507 et suivantes.

Le but de notre Note est de montrer qu'il y a une solution graphique simple, laquelle conduit à une rectification des conclusions tirées par ces deux savants de leurs calculs.

Les principes de la construction graphique sont développés dans notre Mémoire de juillet-août 1937 à la Société des Ingénieurs civils et dans notre article du 1er avril 1937 de la *Technique Moderne*. L'application de cette méthode au cas de Boussinesq-Saint-Venant fournit des résultats qui paraissent mériter d'être signalés.

Une des conclusions des travaux de Boussinesq et de Saint-Venant est la suivante. La force au contact de la masse tombante et de la face de la barre est nulle, c'est-à-dire *le choc est terminé :*

au bout de deux allers et retours d'onde le long de la barre, c'est-à-dire

$$\text{au bout de } 2\,\frac{2L}{a} \text{ lorsque } \frac{Q}{G} = 1{,}728,$$

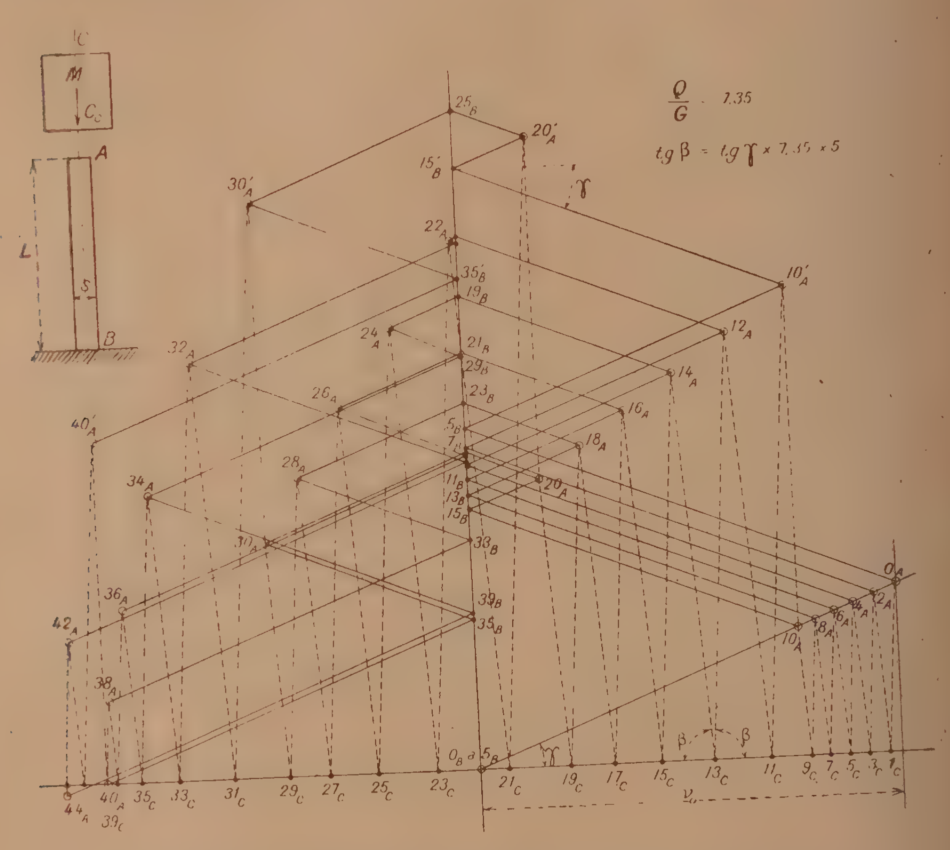
$$\text{au bout de } 3\,\frac{2L}{a} \quad \text{»} \quad \frac{Q}{G} = 4{,}151,$$

$$\text{au bout de } 4\,\frac{2L}{a} \quad \text{»} \quad \frac{Q}{G} = 7.350$$

(Q est le poids de la masse tombante et G le poids de la barre; L, la longueur de la barre; a, la célérité des ondes).

([1]) Séance du 1er août 1938.

L'épure (*fig.* 1), dont les ordonnées sont les forces dans la barre et les abscisses les vitesses des sections transversales dans le sens axial, correspond au cas $Q/G = 7,35$.



L'unité de temps choisie est le 1/10 d'un aller et retour d'onde.

On voit qu'au temps 40 (c'est-à-dire $4 \times 2L/a$), le point figuratif du régime en A est le point 40_A qui est juste sur l'axe des abscisses, la force est donc bien nulle comme prévu. Mais instantanément, comme le montre le point $40'_A$, elle redevient positive et égale à deux fois la force initiale du choc, *et le choc continue*, pour ne se terminer qu'au moment où la force redevient nulle, mais cette fois en changeant de signe, au temps 44.

Cette variation brusque de la force en A se produit d'ailleurs à chaque

aller et retour d'onde, et donne les points simultanés de régime 20_A et $20'_A$.

Des épures faites pour $Q/G = 1{,}728$ et $Q/G = 4{,}151$ révèlent le même phénomène; la force au temps 20, c'est-à-dire $2 \times 2L/a$, sur l'une et 30, c'est-à-dire $3 \times 2L/a$ sur l'autre, est bien nulle, mais, instantanément, elle redevient positive et égale au double de la force initiale du choc pour s'annuler à nouveau respectivement au temps $2{,}3 \times 2L/a$ et $3{,}35 \times 2L/a$.

C'est d'ailleurs une loi : *le choc ne peut être terminé pour un nombre exact d'allers et retours d'onde*, contrairement à ce qu'avaient pensé Boussinesq et de Saint-Venant, mais toujours pour un *nombre fractionnaire*.

Cet exemple démontre l'exactitude et la précision de la méthode graphique, qui reconstitue rigoureusement les résultats prédits par Boussinesq et de Saint-Venant; il montre aussi son intérêt puisqu'elle permet d'ajouter à ces résultats un complément qui avait échappé à ces savants, mais que leurs formules mêmes leur auraient montré s'ils avaient poursuivi leur calcul.

HYDRAULIQUE. — *Vannes de fond, expériences de l'usine de Valentine.* Note (1) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Cette Note résume divers résultats obtenus dans la suite de nos recherches sur les vannes de fond.

I. Dans nos premiers travaux, nous avions étudié l'écoulement par une vanne de fond occupant toute la largeur d'un canal à plafond horizontal (2). Pour vérifier nos résultats sur un ouvrage industriel de grandes dimensions, nous avons effectué des mesures sur la vanne de 13^m de largeur commandant le canal d'amenée de l'usine hydroélectrique de Valentine sur la Garonne (*fig.* 1). La section normale du canal est trapézoïdale, mais, au droit de la vanne, elle devient rectangulaire et conserve sensiblement cette forme sur une longueur assez grande pour que l'on se trouve dans les conditions d'application des formules théoriques.

Nous avons déterminé avec précision la levée de la vanne A et le profil en long de la surface de l'eau, c'est-à-dire les quantités h_1, h', h_2 de nos

(1) Séance du 10 octobre 1938.

(2) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 409; 205, 1937, p. 649; 206, 1938, p. 96; 206, 1938, p. 164.

formules générales (²). Nous avons obtenu ainsi

$$A = 0^{m},216, \qquad H_1 \# h_1 = 4^{m},14, \qquad h' = 1^{m},52, \qquad h_2 = 1^{m},94.$$

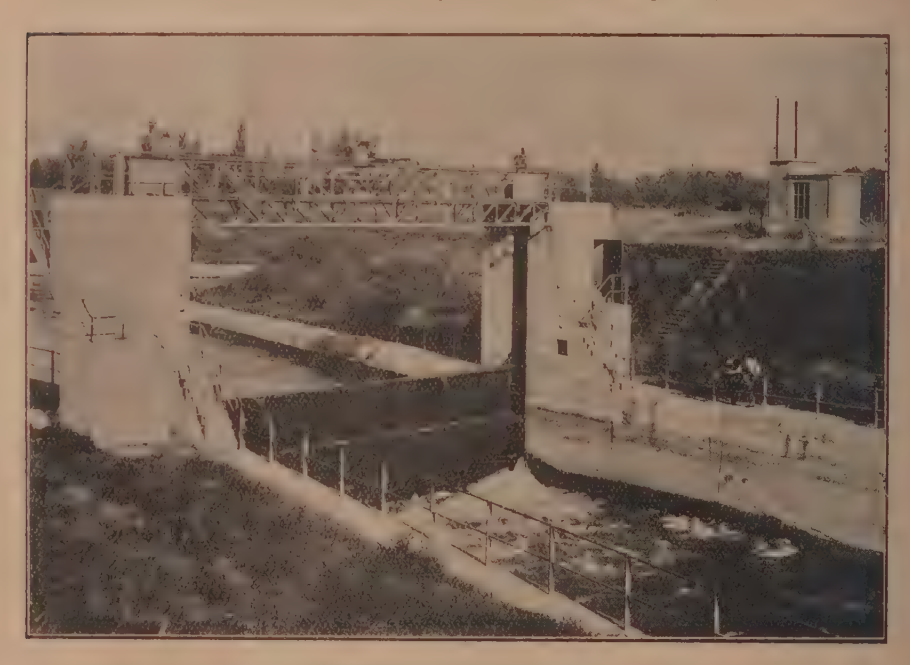
D'autre part, les formules générales font correspondre aux valeurs précédentes, de H_1, A, h_2 une valeur du débit

$$q = 0,945 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m},$$

et une valeur de h'

$$h' = 1.55 \text{ m}.$$

On voit la bonne concordance (2 pour 100 de divergence) entre la valeur



Photographie de la vanne étudiée.

ainsi calculée pour h' et celle que l'expérience nous a directement fournie.

II. D'autre part, nous avons repris nos recherches relatives au cas où il existe un décrochement entre les radiers amont et aval (³), en supposant que la vanne n'occupe qu'une fraction Kl de la largeur l du canal.

Les notations demeurant les mêmes que précédemment, sauf à désigner

---

(³) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1166; 206, 1938, p. 1447; 206, 1938, p. 1709.

maintenant par $q = Q/Kl$ le débit par unité de largeur dans la section contractée, les équations générales (16) et (18) sont remplacées par les équations

$$(20)\quad \left(\frac{h'}{A} - \frac{B}{A}\right)^2 = \left(\frac{h_2}{A} - \frac{B}{A}\right)^2 - \frac{2K}{g}\left(\frac{q}{A\sqrt{A}}\right)^2 \frac{\frac{h_2}{K} - Km}{m\frac{h_2}{A}} + 2\varepsilon\frac{B}{A}\left(\frac{h_2}{A} - \frac{h'}{A}\right),$$

$$(21)\quad \frac{q}{A\sqrt{A}} = m\sqrt{2g\left[\frac{H_1}{A} + \frac{B}{A} - \frac{h'}{A}\right]}.$$

De même, l'équation (18), relative à la valeur critique de h_2, est remplacée, dans le cas actuel, par

$$(22)\quad \left(\frac{h_2}{A} - \frac{B}{A}\right)^2 - m^2 - \frac{2K}{g}\left(\frac{q}{A\sqrt{A}}\right)^2 \frac{\frac{h_2}{A} - Km}{m\frac{h_2}{A}} + 2\varepsilon\frac{B}{A}\left(\frac{h_2}{A} - \frac{B}{A} - m\right) = 0.$$

L'étude expérimentale nous a permis de retrouver les diverses caractéristiques d'écoulement observées dans le cas où la vanne s'étend d'une paroi à l'autre du canal; toutefois, il ne se produit plus de solutions multiples, par suite de la communication hydraulique latérale qui existe entre les rouleaux situés au-dessus et au-dessous de la veine. Suivant les valeurs respectives des niveaux amont et aval, on peut avoir l'écoulement à veine dénoyée dirigée vers le haut ou vers le bas, l'écoulement à veine noyée suivant l'une ou l'autre de ces deux orientations, ou encore l'écoulement limite avec veine dirigée vers le haut, mais, à tout système de valeurs des niveaux amont et aval, correspond un seul mode d'écoulement possible.

Les vérifications expérimentales des relations théoriques nous ont fourni de bons résultats, à condition d'adopter pour le coefficient ε les valeurs respectives 0,25, lorsque la veine est dirigée vers le haut et 1 quand la veine est dirigée vers le bas. Ces vérifications ont été effectuées pour des valeurs de B/A variant de 0,5 à 3, et des valeurs de h_1/A comprises entre 2 et 6. Elles ont porté sur la détermination de la valeur critique de la retenue aval et sur les relations entre $q/A\sqrt{A}$, h_1/A, h_2/A, et h'/A dans le fonctionnement à veine noyée.

Nous avons également étudié les répartitions de pression le long du radier et la détermination du point d'éclatement.

MAGNÉTISME. — *Sur la production de divers produits magnétiques à partir de* FeOOH. Note de M. **Robert Forrer**, transmise par M. Pierre Weiss.

Un des aspects les plus remarquables des propriétés magnétiques des corps consiste en ce qu'une substance bien définie quant à sa composition chimique, existe dans des états magnétiques différents sans que jusqu'à présent on ait réussi à mettre cette diversité en rapport avec les autres propriétés physiques. M. G. Foëx a donné de nombreux exemples de ces variétés magnétiques qui se manifestent dans l'étude du *para*magnétisme [1].

En *ferro*magnétisme, l'étude du sesquioxyde de fer provenant par déshydratation d'un hydrate Fe OOH que je dois à M. Hilpert, m'a fourni un cas particulièrement significatif de cette multiplicité d'états. Fe OOH est préparé par l'hydrolyse de l'oxychlorure de fer Fe OCl par l'ammoniaque à 20 pour 100 de NH^3. Le chlore est alors remplacé par OH.

Le résultat de l'analyse thermomagnétique est le suivant :

FeOOH, dans l'état obtenu par la préparation, est non ferromagnétique. Quand on chauffe il se déshydrate et, suivant le mode d'échauffement et la température atteinte, fournit des produits différents :

1° Dans un échauffement rapide (30 degrés par minute) on observe l'apparition et la disparition d'un faible ferromagnétisme aux environs de 275°C. Ce premier produit est alors non ferromagnétique dans toute l'échelle des températures.

2° Dans un échauffement lent (1 degré par minute), par contre, apparaît entre 250° et 275° [2] un fort ferromagnétisme qui, dans cet intervalle, augmente linéairement avec la température et se conserve ensuite aux températures plus basses. Il est caractérisé par un point de Curie situé à 350°C environ qui ne peut être déterminé que par extrapolation.

3° Aux températures supérieures à 275° on obtient progressivement un

---

(1) G. Foëx, *Mémorial des Sciences physiques*, 27, 1935.

(2) Les températures de 250° et 275° ont une signification simple dans la doctrine des contacts (R. Forrer, *Ann. de Phys.*, 7, 1937, p. 429, et *J. de Phys.*, 8, 1937, p. 241). Ce sont celles de la rupture de trois contacts avec les facteurs $F = 302°$ et $F = 316°$, qui présentent entre eux la différence caractéristique de $\tau = 14°$.

deuxième état ferromagnétique caractérisé par un point de Curie à 520°, état stable seulement aux températures plus basses.

4° Un échauffement prolongé vers 600° donne un produit non ferromagnétique.

M. Hilpert a déterminé la composition chimique et le réseau cristallin de ces quatre produits. Tous les quatre ont exactement la composition correspondant à Fe^2O^3.

Les deux produits non ferromagnétiques 1° et 4°, ainsi que le produit 3°, ferromagnétique, cristallisent dans le réseau de α-Fe^2O^3 rhomboédrique. Le produit 2°, ferromagnétique, donne un diagramme diffus avec quelques lignes qui indiquent le réseau cubique de γ-Fe^2O^3.

L'identité des produits 1° et 4° est rendue probable par les propriétés magnétique et cristallographique.

Les produits 2° et 3° présentent une différence d'état physique au sens classique. Ils ont des réseaux différents et, tous deux ferromagnétiques, se distinguent par leur point de Curie.

Par contre le produit 3° ne se distingue que par son ferromagnétisme du produit 4°, de même réseau.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude des grandes gerbes cosmiques à 2800^m d'altitude*. Note de MM. **Pierre Auger** et **Roland Maze**, présentée par M. Jean Perrin.

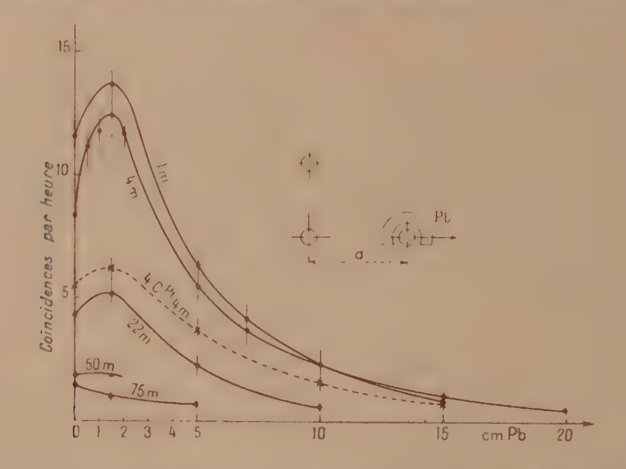
1. Nous avons montré (¹) l'existence de très grandes gerbes de rayons cosmiques prenant naissance dans l'atmosphère. L'étude de ces phénomènes a été poursuivie par nous au cours de cet été dans deux laboratoires de haute altitude, la station scientifique du Jungfraujoch (alt. 3500^m) et l'Observatoire du Pic du Midi (alt. 2800^m). La présente Note est relative aux résultats obtenus au Pic du Midi, avec des compteurs de Geiger en coïncidence.

2. Le nombre de coïncidences obtenues par heure, avec un même groupement de compteurs, est beaucoup plus grand en altitude qu'au niveau

(¹) P. Auger, R. Maze et Th. Grivet-Meyer, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1721; P. Auger, R. Maze, *ibid.*, **207**, 1938, p. 228. Une Note de M. Kolhörster, Matthes et Weber, parue en septembre (*Naturwiss.*, 26, 1938, p. 576) confirme nos premiers résultats.

de la mer. Ainsi le groupe de 3 compteurs disposés à une distance horizontale extrême de 4^{m} a donné, à Paris 1,4 choc par heure, et, à 2800^{m} d'altitude, 8. La répartition spatiale des branches des gerbes a été étudiée en observant la décroissance du nombre de coïncidences lorsqu'un des compteurs était progressivement éloigné des deux autres. Sur la figure, les ordonnées à l'origine des différentes courbes donnent les nombres obtenus pour les distances de 1, 4, 22, 50 et 75^{m}.

3. Le pouvoir pénétrant moyen des particules contenues dans ces gerbes a été étudié dans des écrans de plomb disposés sous forme de voûtes



au-dessus d'un des compteurs (*voir* la figure). Les deux autres étaient toujours situés l'un à 21^{cm} au-dessus de l'autre. La figure donne la variation du nombre de coïncidences par heure en fonction de l'épaisseur de l'écran pour les cinq distances *d* utilisées. Aux petites distances, on observe un fort accroissement des nombres de gerbes pour les premiers centimètres d'écran, ce qui démontre la présence d'électrons et de photons de grande énergie, producteurs de gerbes en cascade dans le plomb, celui-ci accroissant par conséquent l'efficacité du compteur sous-jacent. Pour les épaisseurs plus grandes de l'écran les nombres décroissent, mais restent mesurables jusqu'au delà de 15^{cm}. Il faut évidemment tenir compte de l'influence des gerbes diffuses et même remontantes qui peuvent atteindre le compteur par dessous et par les extrémités, mais le fait qu'une décroissance est observée entre 10 et 20^{cm} d'écran nous semble rendre très probable l'existence de corpuscules pénétrants dans les grandes gerbes. Aux grandes distances

une décroissance se produit déjà pour $1^{cm},5$ de plomb, ce qui montre que le nombre des électrons et photons gerbigènes est très réduit; on note au contraire la présence de nombreux corpuscules très absorbables (50 pour 100 en 5^{cm} de plomb). La portion qui traverse plus de 5^{cm} de plomb contient probablement des corpuscules lourds; s'il ne s'agit que d'électrons, ils présenteraient nécessairement une très grande énergie et l'énergie totale de la gerbe serait beaucoup plus élevée que nous ne l'indiquons plus loin.

4. L'évaluation de la densité moyenne superficielle des trajectoires (nombre de corpuscules par mètre carré) a été faite en comparant les nombres de coïncidences obtenues aux mêmes distances avec 3 et 4 compteurs (*voir* les Notes précédentes et courbe pointillée sur la figure). Les nombres sont de l'ordre de ceux trouvés à Paris, 25 à 50 au mètre carré. L'évaluation du nombre total de corpuscules contenus dans les grandes gerbes est très hasardeuse, car nous ne connaissons pas leur répartition dans l'espace; il peut certainement dépasser 10^4. Nous avons pu obtenir à 3500^m d'altitude (avec P. Ehrenfest) des clichés de chambre à détente commandée par des compteurs tous éloignés à plus de 1^m. Ils portent très fréquemment des trajectoires multiples, et aussi des gerbes abondantes produites dans les plaques métalliques contenues dans l'appareil, confirmant les résultats ci-dessus.

5. On peut se représenter les grandes gerbes atmosphériques comme une formation intense de corpuscules et de photons secondaires par gerbes en cascades ou par gerbes de Heisenberg à partir d'une particule de très grande énergie; près des points de divergence elles contiennent une proportion élevée d'électrons et de photons de grande énergie (gerbigènes pour l'air) qui se multiplient en se dégradant, et aussi des particules lourdes. Après un certain parcours, et par conséquent un certain étalement des branches, des électrons et photons gerbigènes ont disparu et il ne reste que des électrons secondaires de faible énergie et les particules lourdes. En combinant les évaluations de la surface couverte par les grandes gerbes et de leur pouvoir de pénétration, on peut évaluer à 5° l'angle de divergence moyen des particules de grande énergie dans ces gerbes; les plus grandes gerbes observées proviendraient donc de points de divergence situés à plus de 1000^m au-dessus des appareils. L'énergie totale contenue dans ces grandes gerbes est certainement très élevée, et l'évaluation de 10^{12} à 10^{13} eV donnée précédemment par nous est peut-être dépassée par les résultats obtenus en haute altitude, surtout si tous les

corpuscules présents sont des électrons. Cette énergie étant nécessairement apportée par un seul corpuscule à l'origine, cela représente la plus grande concentration d'énergie connue jusqu'ici.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Existence de deux mécanismes d'oxydation lente homogène des mélanges d'hydrogène et d'oxyde de carbone.* Note [1] de M. **Marcel Prettre.**

L'étude de la réaction hétérogène des mélanges d'oxyde de carbone, d'hydrogène et d'oxygène au contact du verre nous a montré [2] que cette transformation est uniquement régie par la pression d'hydrogène comme l'oxydation correspondante des mélanges oxhydriques purs. L'inflammation spontanée [3] et de nombreux phénomènes de combustion explosive [4] des mêmes mélanges ternaires sont également justiciables des lois valables pour le gaz tonnant. Les travaux résumés dans la présente Note ont été entrepris en vue de rechercher si les processus d'oxydation *homogène* du système $H^2 - CO - O^2$ présentent aussi une étroite analogie avec les réactions correspondantes des mélanges oxhydriques.

Cette oxydation a été étudiée entre 530 et 570°C. dans des récipients en verre pyrex par la méthode statique habituelle [5]. Divers mélanges d'oxyde de carbone et d'oxygène ont été additionnés de quantités plus ou moins grandes d'hydrogène et, pour chaque addition, la diminution de pression résultant de la réaction a été enregistrée en fonction du temps. Les courbes de la figure 1 représentent les variations de la vitesse initiale d'oxydation W_i de divers mélanges ternaires en fonction de la pression d'hydrogène, à 540°.

Les mélanges d'oxygène et d'oxyde de carbone pur ne subissent pratiquement aucune transformation à ces températures. Dès que l'on ajoute un peu d'hydrogène, la réaction observée correspond à l'oxydation de tout ce gaz et d'une fraction importante de l'autre combustible.

---

(1) Séance du 10 octobre 1938.

(2) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1734.

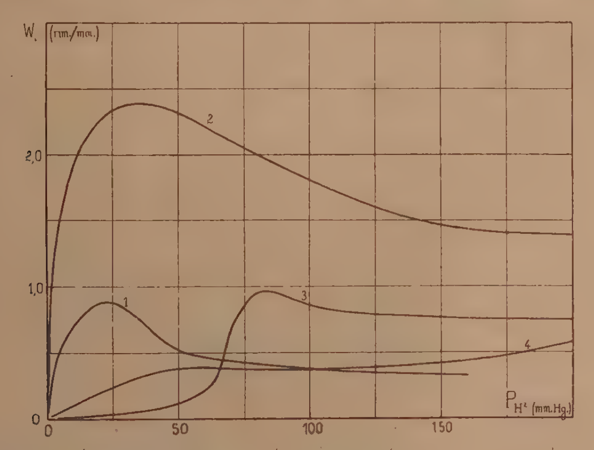
(3) Prettre, *Mémorial des Poudres*, 25, 1934, p. 531.

(4) Voir à ce sujet Prettre, *L'inflammation et la combustion explosive en milieu gazeux*, 2 vol., Paris, 1933-1934.

(5) Prettre, *Ann. Comb. liq.*, 11, 1936, p. 669.

Les courbes montrent que la vitesse initiale d'oxydation de ces mélanges ternaires croît tout d'abord avec la pression d'oxygène; mais cette augmentation cesse bientôt, la vitesse diminue ou reste constante dans un large domaine de concentrations en hydrogène. Si l'addition de ce gaz est encore plus forte, la vitesse d'oxydation augmente à nouveau.

Des variations aussi anormales de l'oxydabilité des mélanges ternaires



Courbe 1, mélanges titrant 100^{mm} CO et 50^{mm} O^2; courbe 2, mélanges titrant 200^{mm} CO et 100^{mm} O^2; courbe 3, mélanges titrant 240^{mm} CO et 60^{mm} O^2; courbe 4, mélanges titrant 120^{mm} CO et 180^{mm} O^2.

en fonction des concentrations ne peuvent être expliquées que par l'existence de deux mécanismes distincts d'oxydation. L'un concerne les mélanges dont la pression est peu élevée et dont la concentration en hydrogène correspond à l'augmentation rapide de vitesse, l'autre est responsable de l'oxydation se produisant aux pressions plus fortes. La transformation se ralentit quand le premier mécanisme fait place au second.

Il est bien connu que, dans les mêmes conditions expérimentales, les mélanges oxhydriques possèdent eux aussi deux mécanismes distincts de combustion homogène selon la pression. Le premier provoque l'inflammation aux basses pressions, le second ne donne généralement lieu qu'à une oxydation lente aux pressions plus considérables. L'oxydabilité du gaz tonnant diminue donc également quand la pression s'élève au delà d'une certaine valeur qui correspond au changement de mécanisme.

Par conséquent, il y a bien une étroite analogie entre les réactions homo-

gènes de combustion spontanée des mélanges oxhydriques purs et celles des mélanges d'oxyde de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. La seule différence importante est qu'aux faibles pressions la réaction du gaz tonnant est explosive et que celle des mélanges ternaires demeure une transformation isotherme. L'oxyde de carbone est incapable de réagir directement avec l'oxygène, car il s'oxyde uniquement en présence d'hydrogène; il doit donc participer aux chaînes responsables de la combustion lente ou explosive des mélanges oxhydriques. Aux faibles pressions, cette participation entraîne un ralentissement de l'oxydation de l'hydrogène. L'oxyde de carbone, tout en permettant et en collaborant à la propagation des chaînes, doit s'opposer dans une certaine mesure à leur ramification fréquente, qui provoque l'inflammation du gaz tonnant pur à ces pressions.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation des dérivés halogénés du benzène avec les carbures non saturés et avec leurs dérivés halogénés sous l'influence de l'acide sulfurique concentré comme catalyseur.* Note de M. **Robert Truffault**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons indiqué (1) qu'à l'aide de l'acide sulfurique comme catalyseur on pouvait condenser le benzène, non seulement avec les carbures non saturés, mais encore avec leurs dérivés halogénés. On avait ainsi, par une méthode très facile à mettre en œuvre, un mode nouveau de préparation de dérivés halogénés aromatiques possédant l'halogène dans la chaîne latérale, dérivés que l'on n'avait pu obtenir jusque-là que par des procédés beaucoup plus compliqués.

Le but de la présente Note est de montrer que cette méthode est susceptible de généralisation et qu'elle peut, en particulier, être étendue à la préparation d'autres dérivés halogénés aromatiques dont un certain nombre sont nouveaux. Nous avons effectué la condensation indiquée ci-dessus, non plus avec le benzène, mais avec les dérivés halogénés du benzène. Nous les avons fait réagir, d'abord sur quelques carbures non saturés, ensuite sur des dérivés halogénés non saturés. Nous avons ainsi obtenu, d'une part, des dérivés monohalogénés aromatiques, l'halogène étant cette fois dans le noyau, et, d'autre part, des dérivés dihalogénés contenant un halogène dans le noyau et un halogène dans la chaîne latérale, l'halogène du noyau pou-

(1) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1286.

vant d'ailleurs être différent de celui de la chaîne latérale. Voici quelques-uns de nos résultats ([2]) :

En condensant d'après la méthode indiquée ci-dessus ([1]) les *chloro- et bromobenzène avec le cyclohexène*, nous avons obtenu respectivement, avec des rendements de 50 à 70 %:

1° le *p*-chlorocyclohexylbenzène; $Éb_{16}$ 134°; d^{20} 1,070; n_D^{20} 1,5400; R. M. calc. 56,7, tr. 57,03; Cl % calc. 18,25, tr. 18,15;

2° le *p*-bromocyclohexylbenzène; $Éb_{16}$ 146°; d^{19} 1,289; n_D^{20} 1,5605; R. M. calc. 59,58, tr. 60,0; Br % calc. 33,43, tr. 33,2.

La fixation du cyclohexène sur le noyau benzénique s'effectue essentiellement en para. Le dérivé chloré fraction $Éb_{16}$ 133-134° du produit de condensation traité par une solution sulfurique d'acide chromique donne par oxydation l'acide *p*-chlorobenzoïque (F. 236° — F mélange 237°). Le dérivé bromé donne facilement un magnésien qui, traité par le gaz carbonique, conduit à l'acide *p*-cyclohexylbenzoïque (F. 200°). Ces dérivés avaient été préparés par H. A. Mayes et E. Turneur ([3]) en faisant réagir, en présence de chlorure d'aluminium, le chlorure de cyclohexyle sur les chloro-ou bromobenzène.

Par condensation du *chlorobenzène avec le chlorure d'allyle* nous avons obtenu un dichloropropylbenzène Eb_{16} 117°; d^{21} 1,185; n_D^{20} 1,538; R. M. calc. 49,9, tr. 49,9; Cl % calc. 37,5, tr. 37,65.

$$C^6H^5Cl + CH^2{=}CH{-}CH^2Cl \quad = \quad Cl{-}C^6H^4{-}CH\begin{matrix}\diagup CH^2Cl \\ \diagdown CH^3\end{matrix}.$$

Par analogie avec le produit de condensation benzène et chlorure d'allyle dont nous avons établi la constitution ([4]), nous considérons ce composé comme étant le *p*-chlorophényl-2 chloro-1 propane.

Par condensation du *bromobenzène avec le chlorure d'allyle* nous avons obtenu un chlorobromopropylbenzène Eb_{15} 134-135°; d^{21} 1,416; n_D^{21} 1,558; R. M. calc. 52,8, tr. 53,2; halogène total % calc. 49,4, tr. 49,1; dosage chlore et brome effectué par la méthode électrométrique : Cl % calc. 15,2, tr. 15,3; Br. % calc. 34,2, tr. 33.

$$C^6H^5Br + CH^2{=}CH{-}CH^2Cl \quad = \quad Br{-}C^6H^4{-}CH\begin{matrix}\diagup CH^2Cl \\ \diagdown CH^3\end{matrix}.$$

([2]) Communication à la section Strasbourg-Mulhouse de la *Soc. Chim. de France*, juin 1938.

([3]) *J. Chem. Soc. London*, 1929, p. 503.

([4]) R. Truffault, *Bull. Soc. Chim. de France*, 5e série, 4, 1937, p. 1185.

L'acide sulfurique concentré peut donc être utilisé comme agent de condensation pour la préparation d'un certain nombre de dérivés halogénés aromatiques. Son emploi est particulièrement intéressant quand on veut obtenir des composés contenant un halogène dans la chaîne latérale, cas où les méthodes au chlorure d'aluminium ne peuvent être utilisées. Ces dérivés halogénés, d'obtention facile et de grande réactivité, seraient susceptibles de rendre des services en synthèse organique.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Observations du champ électrique de l'atmosphère en mer.* Note de M. **Jules Rouch**, présentée par M. Charles Maurain.

Au cours d'un voyage effectué au mois d'août et au mois de septembre 1938 à bord du navire pétrolier français *Émile-Miguet*, du Havre à Tripoli de Syrie, nous avons effectué trente mesures du champ électrique de l'atmosphère dans l'océan Atlantique et en Méditerranée.

Le dispositif employé est le même qui m'a servi il y a 30 ans à bord du *Pourquoi-pas?* et que j'ai décrit en détail dans le mémoire consacré à l'Électricité Atmosphérique, dans la collection des Documents Scientifiques de la Deuxième Expédition Antarctique Française (Paris 1913). Depuis cette époque, je me sers toujours du même électroscope Elster et Geitel, de la même canne d'ébonite, des mêmes égaliseurs de potentiel au radium.

Les observations à bord d'un grand navire pétrolier comme l'*Émile-Miguet* sont beaucoup plus faciles qu'à bord d'un petit voilier tel qu'était le *Pourquoi-pas?* D'abord la stabilité de plate-forme est telle que les lectures de l'électroscope ne présentent aucune difficulté. D'autre part le gréement est réduit à sa plus simple expression et il existe plusieurs endroits convenables où l'on observe un champ mesurable. Enfin l'appareil moteur et les cuisines sont à l'arrière du bâtiment; j'observais à une centaine de mètres des cheminées, et les fumées n'ont jamais été gênantes.

Par contre, dans l'atmosphère saturée de sel marin, l'isolement de la canne d'ébonite a été assez difficile à maintenir. J'ai toujours vérifié cet isolement pendant les mesures.

Comme je n'avais qu'un électroscope à ma disposition, il n'a pas été possible de faire des mesures de réduction au plan. Toutefois, à mon arrivée sur les côtes de Syrie, j'ai effectué quelques mesures sur le rivage, dans des conditions qui m'ont paru acceptables pour la mesure absolue du

champ. J'ai trouvé, aux environs de Beyrouth, comme moyenne de six mesures effectuées pendant cinq jours successifs du mois de septembre, un champ moyen de 140 volts par mètre. Mes dernières mesures à bord au large de la côte donnaient un champ de 200 volts. Comme grossière approximation, on peut donc admettre que le champ électrique que j'observais à bord doit être multiplié par 0,7 pour donner la valeur du champ par mètre.

Les principaux résultats de mes mesures sont les suivants :

Dans le golfe de Gascogne et sur les côtes du Portugal, le champ varie au mois d'août de 100 à 130 volts. Ces valeurs du champ sont assez voisines de celles que j'ai observées à peu près à la même époque de l'année à bord du *Pourquoi-pas ?* en 1908.

Au détroit de Gibraltar, le champ monte jusqu'à 210 volts, puis il diminue ensuite à 130 et 140 volts sur les côtes d'Algérie. Il remonte de nouveau entre la Sicile et la Tunisie à 250 volts. Il diminue lentement à mesure qu'on avance dans la mer Ionienne, et prend des valeurs variant de 100 à 140 volts entre les côtes sud de Grèce et la Syrie.

Comme je l'avais déjà constaté dans l'Atlantique à bord du *Pourquoi-pas ?*, le champ électrique de l'atmosphère a en mer des valeur plus fortes l'après-midi que le matin : la moyenne des observations faites entre 17^h et 19^h est le double de celles faites entre 8^h et 9^h. Sur 9 journées d'observations, deux seulement présentent pendant l'après-midi des champs inférieurs à ceux du matin.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherches sur l'allantoïnurie humaine.* Note de MM. **Marcel Paget** et **Raoul Berger**, présentée par M. Richard Fosse.

L'imprécision, parfois même l'inexactitude grossière des procédés de recherche et de dosage antérieurement employés expliquent la contradiction existant entre les diverses données obtenues par les expérimentateurs attachés au problème de l'allantoïnurie humaine. La mise au point, par nos soins, d'une nouvelle méthode de dosage ([1]), basée sur les remarquables travaux de Fosse et de son école ([2]), nous a permis de corriger et

---

([1]) *C. R. Soc. Biolog.*, **127**, 1938, p. 1312-1314.

([2]) *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 426, 1067, 1418 et 1632; **192**, 1931, p. 1615.

de compléter quelques notions dont le bref exposé fait l'objet de la présente Note.

A. Nos recherches ([3]) ont montré que les *concentrations* allantoïnuriques étaient très variables, aussi bien chez les individus normaux que chez les malades. Elles peuvent évoluer entre 10 et 70^{mg}, les chiffres les plus communément rencontrés oscillant entre 15 et 25^{mg}. Il n'y a aucun rapport entre l'âge du sujet et son pouvoir de concentration allantoïnique. Si nous exceptons, en effet, les urines du nouveau-né, dont nous n'avons pu qu'ébaucher l'étude, nous avons noté que les concentrations du glyoxyldiurée dans les urines du jeune enfant et de l'adolescent étaient de même ordre de grandeur que celles des urines des adultes et des vieillards.

B. L'*élimination pro die* est très variable d'un sujet à l'autre. Chez les sujets normaux nous avons trouvé des débits allant de 20 à 70^{mg}.

L'étude de l'élimination de l'allantoïne au cours du nyctémère ([4]) nous a révélé que sa concentration et son débit étaient assez élevés dans l'urine du réveil. Nous avons noté également une élévation du débit allantoïnurique vers 17^h.

Cette élimination suit en général l'allure de celle de l'urée et de *façon plus irrégulière*, celle de l'acide urique. Nous avons établi que chez les individus normaux, le rapport (allantoïne × 100)/(bloc xantho-urique) avait une valeur moyenne égale à 4, ses limites de variations étant comprises entre 1 et 7. Le rapport (allantoïne × 1000)/urée est plus stable et varie seulement entre 1 et 3,5.

Le rapport (allantoïne × 100)/(bloc xantho-urique) peut être troublé dans certains cas pathologiques. Il est susceptible de s'élever chez les diabétiques et d'y atteindre des valeurs supérieures à 20, tandis que le rapport allantoïne/urée se maintient dans les limites de la normalité. Cette opposition entre les variations des deux rapports souligne une exagération d'un processus uricolytique dont l'existence ressort déjà de l'étude comparative de leurs limites d'oscillation à l'état normal. Le rapport (allantoïne × 100)/(bloc xantho-urique) est donc un véritable indice d'uricolyse.

C. La *diurèse* a une influence très sensible sur l'élimination du glyoxyldiurée. Nous l'avons vérifiée au cours d'expériences personnelles et de

---

([3]) Notre étude a porté sur 90 sujets (65 normaux, 25 malades).

([4]) Heures des repas (régime mixte), 8^h, 12^h, 19^h. Volume habituel des ingesta liquides, 1^l à $1^l,500$. Heures moyennes de recueil des urines, 8^h, 12^h, 17^h, 21^h.

recherches chez les diabétiques. Les débits peuvent atteindre des valeurs doubles, triples, des chiffres normaux. Cette hyperallantoïnurie est fonction d'une hyperactivité de l'uricolyse. Nous confirmons sur ce point les résultats d'A. Establier y Costa ([5]).

D. L'étude de l'épreuve d'élimination après ingestion *per os* de 250^{mg} d'allantoïne pure paraît nous autoriser à invoquer l'existence *in vivo* d'une allantoïnase, normalement peu active et d'une allantoïcase affaiblie.

La décharge allantoïnique se produit dans les 7 heures qui suivent l'ingestion. Toute l'allantoïne ingérée ne se retrouve pas dans les urines. Au contraire, *après une décharge massive*, sa concentration et son débit *baissent* rapidement et, 24 *heures après le début* de l'expérimentation, on n'en retrouve plus que des traces *infimes*, pratiquement indosables.

Il semble logique d'admettre que le mécanisme diastasique (allantoïnase) a été exalté pendant quelque temps, la dégradation ainsi provoquée devant aller jusqu'à l'urée puisque nous n'avons jamais pu identifier d'acide allantoïque dans les urines expertisées (activité allantoïcasique).

E. Deux facteurs seraient susceptibles d'accroître le faible pouvoir uricolytique de l'organisme humain : la rétention urique et la polyurie. L'étude physiopathologique de la goutte nous paraît devoir tenir compte de cette notion non encore définitivement établie, mais dont nous espérons démontrer ailleurs la réalité et le puissant intérêt.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la* trans-Δ^{5-6}-*déhydro-désoxo-androstérone*.

Note ([1]) de MM. **Yves Raoul** et **Paul Meunier**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons préparé la *trans*-Δ^{5-6}-déhydro-désoxo-androstérone par réduction de la fonction cétonique en 17 de l'androsténone (*trans*-Δ^{5-6}-déhydro-androstérone) suivant la méthode de Clemmensen, à la limaille de zinc d'une part, et celle de Kishner-Wolff, à l'éthylate de sodium d'autre part. La fraction non réduite a été séparée au moyen du réactif de Girard et Sandulesco ([2]). Par ces deux méthodes nous avons obtenu le

([5]) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 650.

([1]) Séance du 19 septembre 1938.

([2]) *Helv. Chim. Acta*, 19, 1936, p. 1095.

même corps qui, après recristallisation, se présente sous la forme d'aiguilles incolores fondant à 104°.

L'existence de la fonction alcool et sa configuration *trans* sont vérifiées par la précipitation avec le digitonoside. L'acétylation fait disparaître cette propriété (P. F. du dérivé acétylé 114°); après saponification, on retrouve l'alcool de P. F. 104°, précipitant par le digitonoside. L'analyse élémentaire des corps obtenus par l'une et l'autre méthode concorde avec la formule $C^{19}H^{30}O$.

Le spectre d'absorption ultraviolet ne présente aucune bande caractéristique : à partir de $270^{m\mu}$, la transparence de la solution alcoolique décroît assez rapidement : à $240^{m\mu}$, on trouve $E^{1\%}_{1\,cm} = 35$. Le pouvoir rotatoire spécifique est de $+18°,5$ pour la raie jaune du mercure et de $+21°,3$ pour la raie verte.

Ce corps possède une certaine activité androgène; elle est environ 250 fois plus faible que celle de la testostérone (essai sur la crête du chapon). L'activité œstrogène, déterminée sur la souris, est pratiquement nulle.

Remarque. — De Fazzi et Pirrone (³) disent avoir obtenu ce même alcool, qui n'est autre que le cholestérol privé de sa chaîne latérale, par pyrogénation de ce dernier en présence de chlorure cuivreux. Le produit obtenu se présentait sous forme d'aiguilles blanches fondant à 202-203°, différant donc tout à fait de la substance que nous avons préparée.

L'abaissement du point de fusion est fréquemment observé lorsque l'on passe d'une cétone au carbure correspondant. Aussi était-il peu vraisemblable *a priori* que l'androsténone, de P. F. 148°, conduisît à un corps fondant à 202°, comme le mentionnent les auteurs italiens. De plus la disparition de la chaîne latérale du cholestérol n'entraîne qu'un abaissement très faible de la teneur en carbone de la molécule, de 83,93 à 83,21 pour 100. Ainsi l'analyse élémentaire fournie par les auteurs italiens ne permet pas une identification certaine du corps décrit. Le produit obtenu par de Fazzi et Pirrone n'est pas la *trans*-Δ^{5-6}-déhydro-desoxo-androstérone.

1° *Réduction de l'androsténone par la méthode de Clemmensen.* — 13^g de limaille de zinc sont amalgamés avec 100^{cm^3} d'une solution à 5 pour 100 de Cl^2Hg pendant 4 heures à reflux. Après décantation, sans lavage, on ajoute 4^g d'androsténone et 40^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré dilué au demi. On fait bouillir à reflux pendant 6 heures avec agitation mécanique.

(³) *Atti R. Acad. naz. Lincei*, *Rend.*, 23, 1936, p. 887.

Le produit de la réaction est extrait à l'éther. La solution éthérée est lavée à l'eau, au carbonate de sodium, puis de nouveau à l'eau. Après dessiccation sur du sulfate de sodium anhydre, elle est évaporée. Le résidu (3^g) est soumis à l'action du réactif T de Girard et Sandulesco. Pour cela, on verse sur ce résidu 30^{cm^3} d'alcool éthylique absolu, 3^g de réactif T et 3^{cm^3} d'acide acétique et l'on fait bouillir 1 heure à reflux. Après neutralisation par de la soude des 9/10 de l'acidité du mélange, on ramène le titre alcoolique à 10^g environ par 270^g d'un mélange de glace et d'eau. La fraction non cétonique est extraite par l'éther. Après évaporation, le résidu ($0^g,447$) est distillé à 150° sous $0^{mm},001$ de mercure. L'huile obtenue ($0^g,410$) est reprise par l'acétate d'éthyle. Après concentration, la solution abandonne des cristaux en aiguilles (P. F. 104°).

La phase aqueuse précédente renfermait encore la fraction cétonique n'ayant pas réagi. Après acidification par SO^4H^2 jusqu'à demi-normalité et extraction par l'éther, on a recueilli $2^g,5$ d'androsténone.

2° *Réduction de l'androsténone par la méthode de Kishner-Wolff.* — Dans un tube on introduit 10^g de semi-carbazone d'acétylandrosténone et 130^g d'éthylate de Na (Na, 10^g et C^2H^5OH, 120^{cm^3}). Le tube est scellé et chauffé 7 heures à 180°. Le produit de la réaction est repris par 800^{cm^3} d'eau, neutralisé par SO^4H^2 et extrait par 1 litre d'éther. La solution éthérée fournit, après lavage à l'eau et évaporation, un résidu huileux de 8^g. Ce dernier est soumis au traitement cétonique de Girard et Sandulesco dans les mêmes conditions que précédemment (Alcool absolu 80^{cm^3}, réactif T, 8^g et acide acétique, 8^{cm^3}. Ébullition 1 heure à reflux. Neutralisation des 9/10 de l'acidité par NaOH. Addition de 550^g d'eau et de glace et extraction à l'éther). On obtient ainsi une fraction non cétonique de 7^g. La fraction cétonique, extraite à l'éther après acidification du résidu aqueux, est de 1^g. Une partie du produit cétonique ($3^g,50$) est distillée à 150° sous $0^{mm},001$ de mercure. L'huile incolore obtenue ($2^g,410$) est reprise par l'acétate d'éthyle, et fournit comme dans l'opération précédente des cristaux en aiguilles fondant à 104°. Analyse élémentaire : Chiffres théoriques, C °/₀ 83,21 et H °/₀ 10,98; Trouvé C °/₀, 82,37 et H °/₀ 11,20.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action synthétisante de la phosphatase rénale.* Note de M. Jean Courtois, présentée par M. Maurice Javillier.

Kay [1] a montré qu'en présence de glycérol et de phosphate disodique les phosphatases du rein et du duodénum synthétisent des composés phosphorés organiques. Ces composés isolés possédaient la composition des glycérophosphates et étaient hydrolysables par diverses phosphatases comme des mélanges de glycérophosphates renfermant chacun 85 pour 100 d'isomère α.

---

(1) *Biochem. J.*, **22**, 1928, p. 855.

Nous avons vérifié qu'en milieu glycérolé l'hydrolyse des α et β-glycérophosphates par l'autolysat du rein de Porc conduit au même état d'équilibre que l'action synthétisante de cet autolysat réagissant dans le même milieu glycérolé en présence d'une dose équimoléculaire de phosphates.

Nous avons pu isoler les sels barytiques des esters phosphoriques synthétisés. Le produit obtenu possède sensiblement la teneur en phosphore organique et baryum des α et β-glycérophosphates de baryum :

P^2O^5 pour 100 23,37 (calculé 23,12),
Ba pour 100 42,65 (calculé 44,62).

Ce produit contient de l'α-glycérophosphate caractérisé qualitativement par la réaction colorée de O. Bailly ([2]); il est oxydable par l'acide periodique : 1g de sel réduit $55^{cm^3},1$ d'acide periodique M/20 en donnant naissance à $111^{cm^3},1$ d'aldéhyde M/20 dosés par leur action mercuro-réductrice, dont $61^{cm^3},5$ de formol M/20 dosés gravimétriquement à l'aide de la combinaison avec le dimédon. P. Fleury et R. Paris ([3]) ont montré que 1g d'α-glycérophosphate de baryum réduit $65^{cm^3},14$ d'acide periodique M/20 en donnant naissance à $130^{cm^3},28$ d'aldéhyde M/20 dont 50 pour 100 de formol. Cette libération de deux molécules d'aldéhydes, dont une de formol, par oxydation periodique est caractéristique de l'α-glycérophosphate. Le produit obtenu par biosynthèse renferme donc environ 80 pour 100 d'α-glycérophosphate; son action réductrice infime vis-à-vis de la liqueur de Fehling à chaud, du réactif de Nessler ou de l'hypoiodite à froid indique l'absence d'esters phosphoriques de glucides. Il ne contient ni phosphore minéral ni phosphore facilement libérable par hydrolyse acide ou alcaline.

Cette tendance de la phosphatase rénale d'estérifier de préférence une fonction alcool primaire du glycérol a été vérifiée indirectement, l'ester phosphorique, restant après hydrolyse du β-glycérophosphate jusqu'à l'équilibre en milieu glycérolé, a été isolé; ce sel contient environ 50 pour 100 d'α-glycérophosphate caractérisé et dosé comme précédemment; le témoin obtenu dans les mêmes conditions en présence d'autolysat inactivé renfermait moins de 10 pour 100 d'α-glycérophosphate. Il y a donc eu transposition biochimique du β-glycérophosphate en α. Tout se passe come si, au cours de la réaction diastasique, à la réaction : glycérol + phosphate ⇌ gly-

([2]) *Thèse Doctorat Sciences*, Paris, 1916.
([3]) *Journ. Pharm. Chim.*, **18**, 1933, p. 470.

cérophosphate, se superposait la réaction β-glycérophosphate ⇄ α-glycérophosphate, l'équilibre tendant à s'établir avec une proportion prédominante d'isomère α, synthétisé à partir de l'orthophosphate libéré par l'hydrolyse du β-glycérophosphate.

Le phénomène inverse, transposition de l'α-glycérophosphate en β n'a pu être mis en évidence, l'ester isolé après l'hydrolyse de l'α-glycérophosphate en milieu glycérolé jusqu'à obtention de l'état d'équilibre est sensiblement identique à l'ester de l'essai témoin et contient au moins 90 pour 100 d'α-glycérophosphate de baryum.

Ces divers esters sont hydrolysés à des vitesses identiques à celles des mélanges analogues d'α et β-glycérophosphates par trois phosphatases de spécificités différentes : la taka-diastase, qui hydrolyse le β-glycérophosphate plus rapidement que l'α; la phosphatase d'Amande, qui hydrolyse les deux isomères à des vitesses égales et cette dernière phosphatase, partiellement inactivée par l'ammoniaque, qui hydrolyse l'α-glycérophosphate plus rapidement que le β.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Propriétés réductrices d'une forme tautomère de la génésérine; un exemple de réaction en chaîne.* Note de MM. **Michel Polonovski** et **Pierre Desgrez**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

Au cours de l'étude des propriétés oxydantes des aminoxydes vis-à-vis de l'acide ascorbique, nous avons été amenés à constater le phénomène singulier et, à première vue, paradoxal, d'une réduction du bleu de méthylène par la génésérine sous l'influence d'une irradiation lumineuse suffisamment intense.

N'était-il pas surprenant qu'un composé tel que l'ésérine qui ne possède aucune propriété réductrice, se transformât par aminoxydation en un dérivé doué d'un pouvoir réducteur vis-à-vis du bleu de méthylène, susceptible de se manifester dans les mêmes conditions que celui de l'acide ascorbique ?

Or il suffit d'exposer à la lumière d'une lampe de 300 watts, selon le procédé indiqué par Mentzer et Vialard-Goudou pour le dosage de l'acide ascorbique, une solution de génésérine à laquelle on ajoute quelques gouttes de solution de bleu de méthylène pour obtenir la décoloration totale de la liqueur. Nous avons opéré dans le vide, en tubes de Thunberg, pour éviter la recoloration du leucodérivé, sur une solution acétique de génésérine M/500 tamponnée à pH 4,7.

Dans ces conditions

1$^{cm^3}$	de sol. de génésérine M/500	réduit	0$^{cm^3}$,05	de sol. de bleu	de méthylène M/1000
3$^{cm^3}$	»	»	0$^{cm^3}$,16	»	»
5$^{cm^3}$	»	»	0$^{cm^3}$,22	»	»

On constate une certaine proportionnalité dont le manque de rigueur s'explique facilement par l'imprécision de la méthode. On peut remarquer que le pouvoir réducteur de la génésérine en solution acétique est relativement faible et fort loin d'une équimolécularité. Mais, en opérant avec une solution alcoolique de titre sensiblement moitié (M/1000), on s'aperçoit que 1$^{cm^3}$ de cette solution réduit 0$^{cm^3}$,60 d'une solution équimoléculaire de bleu de méthylène. L'addition à cette solution d'une quantité d'acide acétique suffisante pour amener le milieu à un pH de 4,7, diminue cette activité, puisque 1$^{cm^3}$ d'une telle solution ne réduit plus que 0$^{cm^3}$,48 de solution de bleu de méthylène M/1000. Le chlorhydrate de génésérine possède une activité réductrice encore plus faible et, d'une façon générale, les sels de génésérine sont d'autant moins actifs que l'acide est plus fort. La nature du solvant présente également une certaine importance : 1$^{cm^3}$ d'une solution acétonique de génésérine M/1000 décolore 0$^{cm^3}$,22 de solution de bleu de méthylène M/1000.

Nous avons cherché la cause de ce pouvoir réducteur en étudiant d'une façon systématique le comportement de tous les composés de la série de l'ésérine et de son aminoxyde vis-à-vis du bleu de méthylène : la fonction aminoxyde ne pouvait être responsable du phénomène, car aucun N-oxyde de base tertiaire synthétique (N-oxyde de triméthylamine, N-oxyde de triméthylaniline) n'est réducteur, ni aucun autre génalcaloïde (génatropine, génoscopolamine); d'autre part l'ouverture du noyau pyrrolidinique des alcaloïdes de la fève de Calabar ne provoque pas non plus l'apparition du phénomène étudié : la dihydroésériméthine, l'éséréthol-méthine, la génésérétholméthine sont, en effet, inactifs. Seul dans cette série, le généséréthol, bien que beaucoup moins réducteur que la génésérine, décolore la solution de bleu de méthylène. Nous avons été ainsi amenés à considérer que seuls possèdent ce pouvoir réducteur les dérivés susceptibles d'exister, comme l'un de nous l'a déjà montré, sous les deux formes tautomères : aminoxyde de base tertiaire cyclique et dialcoyl-hydroxylamine par ouverture du cycle

H|C

N—CH^3 ⇌ HCOH N—CH^3

HO OH OH

Nous avons confirmé cette hypothèse en montrant que les dialcoylhydroxylamines d'un type voisin tels que la N-oxyhydrastéine et la N-oxynornarcéine possèdent également la propriété de réduire le bleu de méthylène sous irradiation lumineuse.

La présence possible de génésérine ou de composés dialcoylhydroxylamines peut donc influer sur l'exactitude du dosage de l'acide ascorbique. Nous l'avons vérifié dans l'expérience suivante :

1^{cm^3} de solution d'acide ascorbique				
+ sol. acétique de génésérine $0^g,18$ % (cm^3)...	–	0,5	1	2
sol. bleu de méthylène M/1000 décolorée (cm^3).	0,25	0,37	0,51	0,64

Mais, si l'on utilise un autre accepteur de H^2 que le bleu de méthylène, même plus facilement réductible, tel que le 2.6-dichlorophénolindophénol, on ne constate plus de décoloration sensible quelle que soit la durée de l'exposition aux rayons lumineux. En revanche, l'addition à cet indicateur d'une trace de bleu de méthylène suffit à amener, sous l'influence d'une irradiation, la réduction du dichlorophénolindophénol. On peut alors ajouter progressivement une solution de cet indicateur, jusqu'à concurrence d'une quantité correspondante de génésérine mise en œuvre, et obtenir sa décoloration.

La quantité de bleu de méthylène n'influe pas sensiblement sur la quantité de 2.6-dichlorophénolindophénol susceptible d'être ainsi décolorée, et n'intervient que comme un élément d'une réaction en chaîne pouvant se traduire par le schéma

génésérine + bleu de méthylène → déhydrogénésérine + bleu de méthylène réduit
bleu de méthylène réduit + 2.6-dichlorophénolindophénol
→ bleu de méthylène + 2.6-dihydrochlorophénolindophénol.

Ainsi nous réalisons, par l'addition de deux indicateurs de rH différent, un type de réaction en chaîne qui peut servir d'exemple et d'illustration aux réactions de ce genre si nombreuses en biochimie.

BACTÉRIOLOGIE. — *Influence des* sélecteurs *sur le potentiel encéphalitogène du vaccin jennérien.* Note de MM. **Constantin Levaditi**, **Robert Fasquelle**, **Robert Béquignon** et **Louis Reinié**, présentée par M. Louis Martin.

Afin d'expliquer les variations de la virulence encéphalitogène pour le lapin (encéphalite neurovaccinale) des diverses souches de vaccin jennerien cultivées sur la génisse, variations révélées par la primo-inoculation intracérébrale et par des passages successifs, nous avons formulé l'hypothèse des *sélecteurs* (¹), hypothèse dont voici l'essentiel : à l'exemple de certaines cultures microbiennes, le virus vaccinal dit dermotrope serait constitué par deux variantes d'*éléments corpusculaires* ultrafiltrables, E et M, dont E est doué d'*affinités ectodermotropes* (épithéliotropes) et M pourvu d'*affinités mésodermotropes*. La proportion numérique de ces deux catégories d'éléments corpusculaires ne serait pas la même pour toutes les souches de dermovaccin. Les *sélecteurs* [*encéphale de lapin*, *membrane chorio-allantoïde de l'œuf incubé de poulet* (²), *cultures cellulaires* (³)] changeraient cette proportion numérique en faveur des éléments M, par un effet sélectif dont les particularités ont été précisées ailleurs.

Nous avons conclu que deux facteurs paraissent intervenir pour modifier la virulence du vaccin dermotrope et réaliser ainsi sa transformation en *neurovaccin*, 1° facteur *souche vaccinale* et 2° facteur *sélecteur*. Les données faisant l'objet de la présente Note montrent l'efficacité respective de ces deux facteurs.

I. *Facteur souche.* — En outre des faits exposés antérieurement [autant de souches vaccinales (*Plessis*, *Normandie*, (⁴) *Kling*), autant de potentiels encéphalitogènes], il y a le suivant : la souche Normandie, récoltée le 9-2-38 (ultrafiltration préalable à travers une membrane en collodion de $840^{m\mu}$;

(¹) Levaditi, Fasquelle, Reinié et Schoen, *Ann. Inst. Pasteur*, 60, 1936, p. 142. Le terme *sélecteur* désigne l'espèce animale, le système cellulaire, les cellules embryonnaires, etc., qui, agissant sur le virus vaccinal épithéliotrope, le transforment en sa variété neurotrope.

(²) Levaditi et Voet, *La Presse Médicale*, 45, 1937, n° 7, p. 113.

(³) Levaditi et Mme Stamatin, *Ann. Inst. Pasteur* (sous presse).

(⁴) Pour cette souche, depuis 1935, la culture se fait exclusivement sur la génisse, sans passages sur le lapin.

méthode d'Elford), fournit 33 pour 100 d'encéphalites neurovaccinales, 23 pour 100 d'autostérilisations mortelles et 43 pour 100 de survies avec état réfractaire consécutif, alors que la même souche, récoltée trois mois plus tard (2-6-38), provoque 75 pour 100 d'encéphalites neurovaccinales, 25 pour 100 d'autostérilisations mortelles et 0 pour 100 de survies. Ces derniers chiffres n'ont pas varié sensiblement lors d'un second étalonnage de cette récolte, effectué le 30-6-38.

Il en résulte que le potentiel encéphalitogène d'une même souche dermovaccinale, cultivée sur la génisse, peut varier d'une récolte à l'autre. Le *sélecteur* génisse exerce donc une influence manifeste sur la proportionnalité numérique des éléments corpusculaires E et M du vaccin jennérien, et, cela, suivant l'animal utilisé comme milieu de culture.

2° *Facteur sélecteur.* — Il nous a été donné de constater qu'une même souche et récolte de vaccin dermotrope (*Normandie* 1047), conservée à la glacière sans addition de glycérine, peut révéler des différences, parfois considérables, de son potentiel encéphalitogène, lors des évaluations successives de ce potentiel. C'est ce qui résulte du tableau ci-dessous :

Temps de conservation en jours.	Encéphalite neurovaccinale.	Autostérilisation mortelle.	Survie (immunité).
8	33 %	23 %	43 %
82	0	0	100
96	40	0	60
143	55	20	22

Deux hypothèses s'offrent pour expliquer ces variations : 1° changement de proportions numériques entre les éléments E et M pendant la conservation du virus hors de l'organisme, et 2° modification de l'efficacité sélective, suivant les diverses séries d'animaux-*test* utilisées à un moment donné. La première de ces hypothèses nous apparaît très peu vraisemblable, alors que la seconde est acceptable, pour les raisons que voici : il est hors de doute que des groupes divers de lapins d'élevage peuvent exercer des effets sélectifs dissemblables (influence saisonnière, changement d'alimentation), et que, par ailleurs, l'espèce d'élevage est sujette à une infection spontanée provoquée par le *Rabbit-Pox* ([2]), infection suivie d'un état réfractaire antivaccinal plus ou moins accusé, voir même absolu. D'où des écarts de réceptivité et, par conséquent, des effets sélectifs pouvant varier d'une série de sujets à l'autre.

Conclusions. — *Le potentiel encéphalitogène du vaccin jennérien dermo-*

trope varie en fonction 1° de la souche et, dans certains cas, même de la récolte; 2° du sélecteur utilisé (encéphale de lapin). Ce sélecteur subit des influences saisonnières et, surtout, des effets immunogènes dus à des infections vaccinales spontanées (Rabbit-Pox). Ces deux facteurs réunis expliquent les variations du potentiel encéphalitogène (encéphalite neurovaccinale) du virus de la vaccine épithéliotrope (⁶).

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Inoculation positive de la lèpre humaine au hamster.* Note (¹) de M. **Étienne Burnet**, présentée par M. Louis Martin.

La reproduction expérimentale chez un animal sensible est (avec la culture du bacille) la pierre d'achoppement des recherches sur la lèpre; mais des exemples illustres, syphilis, fièvre jaune, fièvre aphteuse, enseignent que l'insuccès ne doit jamais être considéré comme définitif. Les résultats annoncés par P. Jordan (²) sur le rat blanc, par S. Adler (³) sur le hamster de Palestine (*Cricetus auratus*), encouragent à persévérer dans les essais d'inoculation aux rongeurs.

Ayant inséré un mince fragment de léprome, prélevé sur une lèpre cutanée en phase active, entre peau et muscle, à 3 hamsters normaux et à 3 hamsters dératés (au moment de refermer l'incision faite pour la splénectomie), et sacrifié ces animaux le 220ᵉ jour, nous avons constaté le développement de la lèpre chez l'un d'eux.

Parmi un nombre respectable de rats blancs, spermophiles, mérions et 13 hamsters, que nous avons inoculés de diverses manières, c'est jusqu'ici le seul résultat positif que nous ayons obtenu.

Il consiste en un léprome sous-cutané, développé à partir du fragment inséré, et un commencement de généralisation dans les ganglions lymphatiques, la rate, le foie et les reins. La masse sous-cutanée possède la structure d'un léprome. La constatation de la masse et de la croissance d'un tissu

---

(⁶) Il a été démontré que nul rapport de cause à effet n'existe entre le potentiel encéphalitogène du vaccin jennérien pour le lapin et l'incidence des encéphalites post-vaccinales chez l'homme.

(¹) Séance du 3 octobre 1938.

(²) *Archiv. f. Sch. u. Trop. Hyg.*, **40**, 1935, n° 3, p. 92.

(³) *Lancet*, **233**, 18 sept. 1937, p. 714.

jeune, nullement attaqué par lyse ou digestion, permet d'exclure l'idée d'une simple conservation du tissu inoculé. Il y a dans la rate des cellules lépreuses (cellules réticulo-endothéliales chargées de bacilles), que nous considérons comme le signe essentiel de l'inoculation positive. Ces résultats, qui ne peuvent être rapportés exactement qu'avec des détails et des figures ([1]), présentent un contraste frappant avec ceux que nous avons observés chez tous nos autres hamsters et chez les autres rongeurs : des débris amorphes et, plus ou moins nombreux dans la région inoculée, très rares dans les ganglions voisins, des bacilles raccourcis, granuleux, réduits et comme rongés (malgré la conservation de l'acido-résistance), d'aspect résiduel; et jamais rien dans les organes internes, ni nulle part aucune cellule lépreuse.

On pourrait objecter 1° que le léprome sous-cutané ne représente qu'une multiplication locale à la faveur du tissu inoculé : le fait de la croissance, la structure histologique de léprome organisé, s'opposent à cette interprétation; 2° que les bacilles de la rate, du foie, des reins et des ganglions lymphatiques ne sont que des éléments passifs entraînés par les leucocytes : mais ils sont trop nombreux, et rien de tel n'a été observé chez les animaux négatifs; de plus la rate contient, dans notre cas, des cellules lépreuses; 3° qu'il ne s'agit que d'une greffe de tissu lépreux : mais c'est le seul cas que nous en ayons observé; d'ailleurs les organes montrent un commencement de généralisation; enfin une greffe positive avec croissance serait par elle-même une forme d'inoculation positive.

L'inoculation du léprome à des cobayes a été négative, ce qui exclut de l'expérience la transmission de bacilles tuberculeux de l'homme au hamster.

Ce hamster positif n'avait pas été dératé. La dératisation, à laquelle Adler paraît attribuer le succès qu'il a annoncé, ne paraît donc pas une condition nécessaire.

L'inoculation a été faite par insertion d'un copeau de léprome. D'autres hamsters inoculés en même temps, de la même manière, avec la même matière, sont restés négatifs; d'autres hamsters et rongeurs divers, inoculés avec une suspension de léprome broyé, sont restés négatifs. Il y a lieu de déterminer si l'insertion de tissu non broyé est une condition nécessaire.

En général, le temps d'observation de nos animaux, y compris le hamster positif, a été trop court. Volontairement, nous les avons sacrifiés

trop tôt, pour nous rendre compte du sort de la matière inoculée. Il faut conserver les animaux le plus longtemps possible et leur faire achever le cycle de leur existence.

Nos résultats éclairent et confirment ceux que Adler a annoncés, puis présentés en mars 1938 au Congrès international de la Lèpre du Caire. Le hamster est réceptif pour la lèpre humaine. Une technique perfectionnée pourra rendre cette réceptivité constante. C'est un premier pas décisif dans la reproduction expérimentale de la lèpre chez un animal de laboratoire.

La séance est levée à $15^h 45^m$.

E. P.